2° Med
45
-2-

Deutsches
Apothekerbuch.

Zum Gebrauche

bei

Vorlesungen und zum Selbstunterrichte

für

Apotheker, Droguisten, Aerzte
und Medicin-Studirende.

Von

Dr. J. W. Döbereiner,
Geh. Hofrath und Professor in Jena,

und

Dr. Franz Döbereiner,
Lehrer der Pharmacie und Assistenten des physikalischen Kabinets und chemischen Laboratoriums auf der Universität Halle, Ehrenmitglied des norddeutschen Apothekervereins.

Zweiter Theil.

Grundriß der Chemie, Mineralogie, Botanik, Zoologie und Physik.

Stuttgart.

Ad. Becher's Verlag.

STADTBIBLIOTHEK AUGSBURG

Grundriß

der

Chemie

von

Dr. Fr. Döbereiner.

Schnellpressendruck der Königlichen Hofbuchdruckerei Zu Guttenberg
in Stuttgart.

Inhaltsverzeichniß.

Seite

I. Leichte Metalle.

a) Von den Alkalimetallen.

b) Von den Erdalkalimetallen.

Seite

Dritte Abtheilung.

Organische Chemie.

Döbereiner's

Deutsches Apothekerbuch.

Zweiter Theil.

Erste Abtheilung.

Einleitung.

Begriff, Umfang und Eintheilung der Chemie.

§. 1. Die Chemie ist derjenige Theil der Naturwissenschaft, welcher nicht nur die Zusammensetzung der auf unserm Planeten vorkommenden Körper und ihr Verhalten zu einander kennen lehrt, sondern auch die Gesetze der bei der gegenseitigen Einwirkung verschiedener Körper stattfindenden Erscheinungen zu ermitteln sucht. Sie ist demnach eine Erfahrungswissenschaft, deren strenge Definition ohne Kenntniß der Zusammensetzung der Naturkörper und der bei der Einwirkung verschiedener auf einander wirkender Körper eintretenden Erscheinungen unklar bleibt.

Die Entstehung des Namens unserer Wissenschaft hat von jeher die Aufmerksamkeit der Naturforscher und Sprachgelehrten auf sich gezogen. Früherhin war neben dem Ausdruck Chemie auch Chymie im Sprachgebrauch, wodurch zweierlei Auslegungen der Abstammung der Wörter zuläßig wurden. Nach Plutarch war der frühere Name Aegyptens *Χημία*; da es sehr wahrscheinlich ist, daß in Aegypten der erste Versuch gemacht wurde, die chemischen Thatsachen zur Auflösung einer Aufgabe zusammenzufassen, so ist es auch wahrscheinlich, daß die aus diesem Versuche hervorgehende Kunst nach dem Lande benannt wurde, von wo sie ausging. Die ältesten Schriftsteller, die unserer Wissenschaft eine Bezeichnung geben, haben stets den Ausdruck *Χημία* und die späteren griechischen Schriftsteller neben diesen auch *Χημεία* gebraucht. Kopp macht in seiner Geschichte der Chemie darauf aufmerksam, daß die zweite Bezeichnung, Chymie, durch Corruption der ersteren, Chemie, entstanden sei, indem einerseits die Araber von den Alexandrinern mit der Kunst auch die Bezeichnung hierfür erhalten hätten und bei der Ueberlieferung jener Kunst nach Europa durch den Sprachgebrauch der Araber, Vokale durch Punkte oder auch gar nicht zu bezeichnen, jene Corruption entstanden sei, anderseits aber durch den Sprachgebrauch der späteren Griechen, *Χημία* wie Chimia auszusprechen, die lateinischen Schriftsteller bestimmt worden wären, die Bezeichnung schriftlich so auszudrücken, wie sie ausgesprochen werde. Aber auch die Bezeichnung Chymie hat viel Wahrscheinlichkeit für sich, daß sie die richtige sei, indem man sie von *Χυμός*, Flüssigkeit, Saft, ableitet und hiermit die Kunst zu bezeichnen glaubt, mit Auflösungen zu experimentiren; da nun dieses Wort gleichen Stamm mit *χέω*, ausgießen, flüssig machen, schmelzen, hat, so sucht man hierin auch, den Ausdruck für die wichtigsten chemischen Operationen.

§. 2. Betrachtet man die bloßen Veränderungen der Naturkörper, welche sie bei Verbindungen ungleichartiger Stoffe zu gleichartigen Ganzen und bei hiermit öfters verbundenen Abscheidungen ungleichartiger Stoffe zu gleichartigen Ganzen erleiden, als Gegenstand der Chemie, so läßt sich dieselbe als die Lehre von den Verbindungen ungleichartiger Körper zu gleichartigen Ganzen und die Lehre von den Abscheidungen ungleichartiger Körper aus gleichartigen Ganzen erklären und nennt sie deßhalb auch Mischungskunde und Scheidekunst.

§. 3. Die meisten Naturkörper sind aus ungleichartigen Stoffen zusammen gesetzt, welche im getrennten Zustand weder dem Körper, von dem sie abstammen, noch sich selbst unter einander vollkommen ähnlich sind. Sie heißen die Bestandtheile eines Körpers oder, wenn sie keiner weiteren Zerlegung in verschiedene Körper mehr fähig sind, Grundstoffe oder Elemente, von denen man bis jetzt 61 kennt, deren Namen und chemische Bezeichnung (abgeleitet von der lateinischen Benennung) folgende sind:

Alumium	Alumium	= Al	Natronmetall	Natrium	= Na
Antimon	Stibium	= Sb	Nickel	Nicolum	= Ni
Arsen	Arsenium	= As	Niob	Niobium	= Nb
Barytmetall	Baryum	= Ba	Osmium	Osmium	= Os
Beryll	Beryllium	= Be	Pallad	Palladium	= Pd
Blei	Plumbum	= Pb	Pelop	Pelopium	= Pe
Bor	Boracium	= B	Phosphor	Phosphorus	= P
Brom	Bromium	= Br	Platin	Platinum	= Pt
Cadmium	Cadmium	= Cd	Quecksilber	Hydrargyrum	= Hg
Cer	Cerium	= Ce	Rhod	Rhodium	= R
Chlor	Chlorium	= Cl	Ruthen	Ruthenium	= Ru
Chrom	Chromium	= Cr	Sauerstoff	Oxygenium	= O
Didym	Didymium	= D	Schwefel	Sulphur	= S
Eisen	Ferrum	= Fe	Selen	Selenium	= Se
Erb	Erbium	= E	Silber	Argentum	= Ag
Fluor	Fluorium	= F	Stickstoff	Nitrogenium	= N
Gold	Aurum	= Au	Strontianmetall	Strontium	= Sr
Jod	Jodium	= J	Tantal	Tantalum	= Ta
Irid	Iridium	= Ir	Tellur	Tellurium	= Te
Kalimetall	Kalium	= K	Terb	Terbium	= Tb
Kalkmetall	Calcium	= Ca	Thor	Thorium	= Th
Kiesel	Silicium	= Si	Titan	Titanium	= Ti
Kobalt	Cobaltum	= Co	Uran	Uranium	= U
Kohlenstoff	Carbonium	= C	Vanad	Vanadium	= V
Kupfer	Cuprum	= Cu	Wasserstoff	Hydrogenium	= H
Lanthan	Lanthanium	= La	Wismuth	Bismuthum	= Bi
Lithionmetall	Lithium	= L	Wolfram	Wolframium	= W
Magnesiametall	Magnesium	= Mg	Yttermetall	Yttrium	= Y
Mangan	Manganium	= M	Zink	Zincum	= Zn
Molybdän	Molybdänium	= Mo	Zinn	Stannum	= Sn
			Zirkon	Zirconium	= Zr.

§. 4. Die Chemie umfaßt nicht allein die Kenntniß aller einfachen Stoffe und der möglichen Verbindungen ungleichartiger Körper zu gleichartigen Ganzen, oder der Abscheidung ungleichartiger Körper aus gleichartigen Ganzen und der hierbei auftretenden Erscheinungen, sondern lehrt auch die Regeln und Mittel, welche zur Ausführung der chemischen Processe nöthig

sind, und sucht die stattfindenden Erscheinungen nach ihren Gesetzen zu ermitteln und die gemachten Erfahrungen auf die Bedürfnisse des Lebens anzuwenden.

§. 5. Wird die Chemie als eine für sich bestehende Wissenschaft betrachtet, welche das ganze chemische Wissen umfaßt, die physikalischen und chemischen Eigenschaften der verschiedenen einfachen und zusammengesetzten Arten von Materien lehrt und die diesen zu Grunde liegenden Gesetze zusammenfaßt, so heißt sie reine, theoretische oder philosophische Chemie, und werden die den verschiedenen Arten der Materien eigenthümlichen chemischen Erscheinungen und die ihnen zu Grunde liegenden Gesetze durch zweckmäßige Versuche erläutert, so nennt man sie experimentelle Chemie, die Kunst aber, solche Versuche regelmäßig auszuführen, überhaupt die Anweisung der mechanischen Mittel zur Ausführung chemischer Verbindungen und Scheidungen die praktische Chemie, die, wenn die Versuche mit dem geringsten Aufwand von Zeit und Materie ausgeführt werden, auch Mikrochemie heißt.

Ist der Zweck chemischer Versuche nur die Vereinigung zweier oder mehrerer Körper zu einem gleichartigen Ganzen, so heißt diese Kunst die synthetische Chemie, während die Erforschung, Trennung und quantitative Bestimmung einzelner oder aller Stoffe zusammengesetzter Körper die analytische Chemie heißt, von welcher die Probirkunst oder Dokimasie, welche die Regeln zur Erforschung der geschätzteren Metalle in ihren verschiedenen Verbindungen angiebt, die organische Elementaranalyse oder die Zerlegung und quantitative Bestimmung der Bestandtheile der Pflanzen- und Thierstoffe, die Analyse der Mineralien, der Mineral- und anderer Wässer, der Luftarten u. s. w. einzelne Theile derselben ausmachen und nicht allein eine mechanische Geschicklichkeit, sondern auch ein allgemeineres chemisches Wissen voraussetzen.

§. 6. Dienen einzelne Theile der Chemie zur Aufhellung und Erweiterung anderer Wissenschaften, z. B. der Physik, Meteorologie, Mineralogie, Physiologie, Medicin u. s. w., so heißen die einzelnen Theile die physische, meteorologische, mineralogische, physiologische, medicinische, ökonomische Chemie u. s. w. In Beziehung auf den Ursprung der Stoffe, die der chemischen Betrachtung unterworfen werden, theilt man die Chemie in die unorganische und organische Chemie; als ein Theil der unorganischen Chemie ist die pneumatische Chemie oder die chemische Lehre von den Luftarten zu betrachten. Die organische Chemie zerfällt wieder in die Pflanzenchemie oder Phytochemie und in die Thierchemie oder Zoochemie, in sofern sie Gegenstände der Pflanzen- oder Thierwelt ihrer Betrachtung und Untersuchung unterwirft.

§. 7. Die Anwendung der bekannten chemischen Thatsachen zur Erhaltung oder Wiedergenesung des thierischen Körpers und zur Darstellung, Vermehrung, Benutzung und Veredlung der Gegenstände, welche wir im gemeinen Leben bedürfen, heißt die angewandte Chemie, in sofern die Anwendung und Lehre auf chemischen Grundsätzen beruht. Bezieht sich die angewandte Chemie auf Arzneikörper, so heißt sie pharmaceutische Chemie; beschäftigt sie sich mit der Untersuchung und Ermittelung solcher Körper, welche auf die Gesundheit nachtheilig wirken, und zufällig oder absichtlich zu Vergiftungen Veranlassung geben können, so heißt sie gerichtliche Chemie und bezweckt sie die Bewachung über die gute Beschaffenheit aller nothwendigen Lebensbedürfnisse und die Entfernung alles dessen, was die Gesundheit und das Leben der Thiere gefährden kann, so heißt sie die

polizeiliche Chemie. Lehrt die angewandte Chemie die den Künsten und Gewerben zu Grunde liegenden chemischen Gesetze und die Vervollkommnung aller Produkte des Kunst- und Gewerbfleißes, so heißt sie die technische Chemie, welche wiederum nach den verschiedenen Stoffen, die sie bearbeitet, in die Metallurgie oder Gewinnung der Metalle, Lithurgie oder Steinchemie, Hyalurgie oder Glaschemie, Halurgie oder Salzchemie, Phlogurgie oder Chemie der brennbaren Körper, Chromurgie oder Farbenchemie, Zymotechnie oder Gährungschemie und in die Chemie verschiedener anderer Gegenstände, z. B. in die Erörterung der bei der Bereitung der Seife, des Leders, Leims u. s. w. in Anwendung kommenden chemischen Lehren, zerfällt.

Geschichtlicher Ueberblick der theoretischen Chemie.

§. 8. Die Chemie ist als Wissenschaft ganz das Resultat des menschlichen Forschens neuerer Zeit; was man bis nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts Chemie nannte, war bloß der Inbegriff einzelner unzusammenhängender Erfahrungen über Gegenstände der Natur und des gemeinen Lebens, die zum Theil durch die früher vergeblichen Forschungen der Alchemisten nach der Kunst des Goldmachens und nach einem Universalmittel zur beliebigen Verlängerung des Lebens (dem Stein der Weisen) hervorgegangen waren. Die sog. Alchemisten, denen wir jedoch manche wichtige Entdeckung zu verdanken haben, verfolgten jene Aufgaben ausschließlich, und im Allgemeinen herrschte unter ihnen eine blinde Anhänglichkeit an die älteren griechischen, ägyptischen und römischen Schriftsteller. Besonders zeichneten sich vom 7. bis zum 11. Jahrhundert die Araber durch ihr Bestreben aus, Arzneien zu bereiten und unedle Metalle in edle zu verwandeln; ihre chemischen Kenntnisse und Ansichten wurden durch die Kreuzzüge nach Europa verpflanzt, wo sie besonders in den Klöstern gepflegt und weiter verfolgt wurden.

§. 9. Durch die im 14. und 15. Jahrhundert stattfindende Stiftung vieler Universitäten in verschiedenen europäischen Ländern, durch die Entdeckung von Amerika und die Auffindung des Seeweges nach Ostindien wurden die Europäer mit einer Menge neuer Gegenstände bekannt, die mit den älteren Ansichten nicht mehr übereinstimmten und neue hervorriefen, welche durch die in jener Zeit stattgefundene Erfindung der Buchdruckerkunst allgemeiner verbreitet wurden und so jedem Gebildeten gestatteten, sich mit dem Zustand der Wissenschaften genau vertraut zu machen, wiederum zu prüfen und dem zufolge neue Erfahrungen zu machen, wodurch das bisherige Vertrauen auf hergebrachte Autorität immer mehr sinken mußte und es war bereits im Anfange des 16. Jahrhunderts so weit gesunken, daß Paracelsus die Werke Galen's und Avicenna's, welche bis dahin unbestrittene Orakel waren, mit den freilich großprahlerischen Worten verdammen konnte, daß in seinen Schuhriemen mehr Gelehrsamkeit stecke, als in jenen Schriften. Jener Naturforscher stellte nun auch zuerst ein mehr wissenschaftliches chemisches, aber mit der Medicin zusammenhängendes System, das iatrochemische System auf, welches trotz seiner vielen Widersprüche doch auch viele wahre Ansichten enthielt, die später von den geistvollsten Gelehrten angenommen und zu unterstützen gesucht wurden. Aber erst durch Bacon von Verulam wurde mit dem Uebergang in das 17. Jahrhundert gezeigt, auf welchem Weg in den Erfahrungswissenschaften die Auffindung der Wahrheit zu erreichen sei, indem er hiefür als Grundsatz aufstellte, daß

Beobachtungen und Versuche einen festeren Grund zu einem wissenschaftlichen Gebäude abgeben, als bloße Schlüsse aus allgemeinen Principien, daß in allen Erfahrungswissenschaften die Erkenntniß der richtigen Ansicht nur durch fortwährende Generalisirung möglich ist, die keinen Schritt weiter vorwärts thun darf, ohne die Sicherheit ihres Ganges durch Erfahrungsgründe nachweisen zu können, und daß nur auf diese Weise allgemeine Gesetze aufgefunden werden, deren Wahrheit sich daran erproben, daß sie wieder umgekehrt die kleinsten Einzelheiten jeder richtigen Beobachtung in sich fassen.

§. 10. Trotz dieser unumstößlichen Lehre gingen spätere Chemiker noch auf leere Speculationen ein; Becher's in der Mitte des 17. Jahrhunderts aufgestellte Ansicht von einem verbrennlichen Wesen in allen brennbaren Körpern wurde zu Ende desselben und im Anfang des 18. Jahrhunderts durch Stahl's Bestrebungen zu einem System, dem System vom Phlogiston, erhoben, in welchen alle Verbrennungserscheinungen, als die wichtigsten chemischen Processe, nach folgenden Grundsätzen erklärt wurden:

Alle verbrennlichen Körper enthalten ein und denselben Bestandtheil, welcher ihnen die gemeinschaftliche Eigenschaft der Verbrennlichkeit ertheilt.

Dieser Bestandtheil ist das Phlogiston; nicht verbrennliche Körper enthalten kein Phlogiston, leicht verbrennliche hingegen viel.

Beim Verbrennen entweicht das Phlogiston und das, was hierbei zurück bleibt, ist in dem Körper vor dem Verbrennen mit dem Phlogiston verbunden gewesen, weßhalb z. B. Schwefel, Phosphor oder Metalle Verbindungen der Schwefelsäure, der Phosphorsäure oder Metallkalke (Metalloxyde) mit Phlogiston sind.

Körper, die reich an Phlogiston sind, können dieses beim Erhitzen mit Körpern, die kein Phlogiston enthalten, auf diese übertragen und sie in verbrennliche Körper verwandeln, wie z. B. die phlogistonfreie Phosphorsäure oder Metallkalke durch die an Phlogiston reiche Kohle wieder damit verbunden oder in verbrennliche Körper verwandelt werden können.

Das Phlogiston ist zugleich die Ursache anderer Eigenschaften der Körper, z. B. der Farbe, und auch chemischer Eigenschaften, und namentlich der Grund, warum sich die Metalle, wenn sie gänzlich von Phlogiston befreit sind, nicht mehr mit Schwefel oder Säuren verbinden lassen.

Dieses im Ganzen höchst scharfsinnige und eine gewisse Klasse von chemischen Erscheinungen in einer allgemeinen Betrachtungsweise umfassende System, wodurch die Chemie die erste wissenschaftliche Bearbeitung erhielt, wurde von den meisten Zeitgenossen Stahl's und den Nachfolgern mit größeren oder kleineren Abweichungen auf- und angenommen, so daß es sich beinahe bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts als das wahre erhalten konnte, bis endlich durch Lavoisier's Untersuchungen, die immer unter Mithülfe der Wage vorgenommen wurden, und durch die Entdeckung des Sauerstoffgases die Unhaltbarkeit desselben dargethan wurde.

§. 11. Gleichzeitig mit Stahl's Theorie vom Phlogiston wurden von Geoffroy dem Aelt. Tabellen über die verschiedene Verwandtschaft der Körper, die übrigens schon in früherer Zeit beobachtet und berücksichtigt worden war, ausgearbeitet und später von anderen Chemikern, namentlich aber 1775 durch Bergman berichtigt und erweitert und die des Letztern als die vollständigsten und richtigsten anerkannt; zugleich unterschied Bergman zuerst die einfache und doppelte Wahlverwandtschaft, während bereits 1727 von Henkel

auf die prädisponirende Verwandtschaft (wenn auch zum großen Theil mit falschen Beispielen) aufmerksam gemacht, dieselbe aber erst am Ende des vorigen Jahrhunderts von Fourcroy und Vauquelin gehörig erklärt wurde. Eine Erklärung der Verwandtschaftserscheinungen wurde bereits von Boyle, Becher, N. Lemery und Stahl versucht, die Lehre von Newton, Börhaave, Buffon, Bergman, Kirwan, Wenzel, Guyton Morveau und Berthollet ausgebildet und von Kant und Schelling philosophisch beleuchtet, bis sie durch die Entdeckung der bestimmten Verbindungsverhältnisse und der multiplen Proportionen und Dalton's Atomentheorie nur noch als vorhanden betrachtet und nicht mehr nach der Ursache der Verwandtschaft geforscht, später aber in den elektrochemischen Erscheinungen die Erklärung der Verwandtschaft gesucht wurde.

§. 12. Wie bereits oben angedeutet, wurde die Stahl'sche Theorie vom Phlogiston durch Lavoisier gestürzt; dieser Chemiker, dessen wissenschaftliche Thätigkeit mit dem Jahre 1770 begann und schon in den Stürmen der französischen Revolution durch die Guillotine beendigt wurde, unternahm seine Untersuchungen mit den bis dahin noch nicht gekannten scharfen Gewichts- und Maßbestimmungen der Körper vor und nach dem Versuch und zeigte, daß bei den Verbrennungen in der Luft keine Gewichtsverminderungen, bei den Entbrennungen keine Gewichtsvermehrungen, sondern im ersten Fall mit der Abnahme einer gewissen Raummenge der bei der Verbrennung gegenwärtigen Luft eine Gewichtsvermehrung, die aber nicht mehr, als das Gewicht der verschwundenen Raummenge Luft beträgt, im letzteren Fall aber eine Gewichtsabnahme stattfinde und demnach die längst bekannte Erfahrung, daß Metalle beim Verbrennen an der Luft am Gewicht zunehmen, nicht durch eine Fixation der Feuertheilchen, wie man früher annahm, sondern durch einen Bestandtheil der atmosphärischen Luft, des Sauerstoffgases, welches von dem verbrennenden Körper gebunden werde, bedingt sei. Er mußte demnach das Phlogiston (dessen Existenz übrigens von einigen Zeitgenossen noch sophistisch auf die Weise erklärt wurde, daß es mit negativer Schwere begabt sei, d. h. die Eigenschaft habe, bei der Verbindung mit verbrannten Körpern dieselben leichter zu machen) verwerfen, und er erklärte in Folge einer großen Anzahl von Versuchen im Jahr 1785 die Verbrennung als eine von Feuerentwicklung begleitete Verbindung eines verbrennlichen Körpers mit Sauerstoff und die Verwandlung eines verbrannten Körpers in einen brennbaren als eine Abscheidung von Sauerstoff. Die bedeutendsten Chemiker Frankreichs, wie Berthollet, Guyton Morveau und Fourcroy schlossen sich trotz vielen Kämpfen für die Richtigkeit der phlogistischen Theorie, der neuen Lehre an, und Guyton Morveau unternahm nun mit Lavoisier eine rationelle Reformation der chemischen Nomenklatur, welche früherhin von bloßen Zufälligkeiten abhing, während in der neuen das Princip aufgestellt wurde, daß mit der Benennung der Körper, insbesondere der zusammengesetzten, auch über die Natur, über die Art ihrer Bestandtheile und über das relative Zusammensetzungsverhältniß derselben Aufschluß gegeben werden müsse, ein Princip, welches auch noch jetzt befolgt wird und in alle Sprachen übergegangen ist. Mit der neuen chemischen Nomenklatur versuchte man auch bald die alten chemischen Zeichen für gewisse Körper zu beseitigen. Hassenfratz und Adet waren die Ersten, welche einen Vorschlag zu einer rationellen Zeichensprache machten, in welcher die einfachen Stoffe durch besondere Zeichen, die Verbindungen aber durch Uebereinanderstellung derselben ausgedrückt wurden; ihnen folgte Dalton, welcher zufolge seiner Atomentheorie bloß Kreise mit abweichenden inneren Zeichen wählte und durch Zusammenstellung derselben nicht allein die qualitative, sondern auch

die quantitative Zusammensetzung der Verbindungen ausdrückte. Endlich im Jahr 1815 führte Berzelius wirkliche chemische Formeln ein, indem er den ersten oder zwei Anfangsbuchstaben der lateinischen Benennung eines einfachen Stoffes als die Bezeichnung für denselben und die verschiedenen Oxydationsstufen und analogen Schwefelverbindungen durch überstehende Punkte oder Striche bezeichnete, eine Bezeichnungsweise, die jetzt noch für beide Arten von Verbindungen von verschiedenen Chemikern befolgt wird, sonst aber dahin geändert ist, daß die Verbindung mehrerer Stoffe unter einander durch Zusammenstellung ihrer Zeichen und, wenn mehrere Verbindungsverhältnisse zwischen zwei Körpern stattfinden, durch die Nebensetzung der entsprechenden Zahlen ausgedrückt wird.

§. 13. Kurz vor der Zeit, als Lavoisier seine Untersuchungen über die Verbrennungserscheinungen anstellte, war die Aufmerksamkeit der Chemiker auf die Gewichtsverhältnisse, in denen sich die Körper mit einander verbinden, gerichtet worden. Es sind nur sehr einzelne Thatsachen vorhanden, daß diese früher berücksichtigt worden, wie z. B. bereits Geber im 8. Jahrhundert die Menge des Essigs, welche zur Fällung der Schwefelmilch aus Schwefelleberlösungen nothwendig, aber nur unbestimmt angiebt und im 17. Jahrhundert van Helmont bei der Angabe der Fällung von Kieselerde aus Kali bemerkt, daß Säure im Verhältniß zur Sättigung des Alkalis hinreichend sei. Boyle deutete schon am Ende desselben Jahrhunderts an, daß die Salze weder die charakteristischen Eigenschaften einer Säure, noch die einer Basis haben, und Börhaave bezeichnete 1732 den Sättigungspunkt zwischen Säure und einem Laugensalz als einen solchen, wo die alkalische Reaktion verschwindet. Aber schon früher, im Jahr 1699, hatte Homberg die Gewichtsmengen bestimmt, die zur Sättigung einer bestimmten Menge kohlensauren Kalis durch verschiedene Säuren nothwendig seien, Untersuchungen, die, weil sie selbst falsch waren, zu falschen Schlüssen führten, jedoch schon Zeugen von den Versuchen zur Ermittlung des Sättigungsvermögens sind und erst im Jahr 1775 von Bergman und 1780 von Kirwan wieder aufgenommen wurden, um eine Erklärung der chemischen Verwandtschaft darin zu finden. Einen andern Weg verfolgte um dieselbe Zeit Wenzel, indem er seine Aufmerksamkeit insbesondere auf die Synthese und Analyse der Salze richtete und hierbei Resultate erhielt, die im Verhältniß zu dem damaligen Standpunkt der Wissenschaft und den Hülfsmitteln meist sehr genau sind (vergl. Anmerk. zu diesem §), aber wenig berücksichtigt wurden. Durch Richter wurde erst am Ende des vorigen und im Anfange von unserem Jahrhundert das Gesetzmäßige hervorgehoben, welches bei den Mischungs- oder Verbindungsverhältnissen der alkalischen und erdigen Basen und der Metalloxyde mit den Säuren stattfindet, und er muß als der Erste betrachtet werden, welcher das Gesetz von der ungestörten Neutralität bei der Zersetzung zweier Neutralsalze aufstellte, obgleich wohl einzelne Beobachtungen darüber schon früher gemacht worden waren. Eine Folge dieses Gesetzes mußte die Annahme sein, daß die Körper sich nur in bestimmten, unter gegebenen Bedingungen, unveränderlichen Verhältnissen mit einander verbinden können, die am Ende des vorigen Jahrhunderts allgemein angenommen war, bis Berthollet gerade das Entgegengesetzte lehrte und sich wegen des ausgezeichneten Scharfsinns, den er in seinen Schriften über die chemische Affinität entwickelte, viele Anhänger verschaffte. Jedoch wurde zu gleicher Zeit von Proust dargethan, daß die Bildung der Oxyde, der Schwefelverbindungen und der Salze, der wichtigsten Verbindungen, die man zu jener Zeit kannte, an feste und unveränderliche Verbindungsver-

hältnisse gebunden ist, daß sich zwei Bestandtheile nur in einem oder zwei Verhältnissen verbinden, daß, als man bald mehrere Orydationsstufen eines Metalles entdeckte, die mittlere Verbindungsstufe aus der Vereinigung der beiden äußersten hervorgehe, und daß sich verschiedene Verbindungen zwar in unbestimmten Verhältnissen mit einander mischen können, das Produkt dieser Mischung aber keine chemische Verbindung, sondern die Lösung der einen in der andern sei. Proust drückte die bei seinen Untersuchungen gewonnenen analytischen Resultate durch die procentische Zusammensetzung aus, wodurch er das Wichtigste übersah, nämlich daß in verschiedenen Verbindungen zweier Körper mit einander die höheren Verbindungsverhältnisse des einen Körpers immer ein Mehrfaches des Niedrigsten sein könnte, worauf kurze Zeit vor ihm schon Dalton durch die Untersuchungen des ölerzeugenden Gases und des Kohlenwasserstoffgases gekommen war und diese Regelmäßigkeit in den Orydationsstufen des Kohlenstoffs, Stickstoffs u. s. w. bestätigt fand, so der Entdecker des Gesetzes von den multiplen Proportionen wurde und hierauf seine Atomentheorie gründete, indem er annahm, daß alle Körper aus kleinen Theilchen, aus Atomen, beständen, die nicht weiter theilbar seien, bei der Verbindung der Körper ein Aneinanderlagern sehr weniger Atome eines Bestandtheils an sehr wenige Atome des anderen stattfände, das häufigste Verbindungsverhältniß aber zwischen einem Atom des einen und einem Atom des andern Bestandtheils sei und durch die Zusammensetzungsverhältnisse der Verbindungen die relativen Gewichte (Atomengewichte) von den Atomen der Bestandtheile gegeben werden; noch eine bedeutende Erweiterung der Kunst, die relativen Gewichtsverhältnisse der Stoffe durch Zahlen auszudrücken, der sog. Stöchiometrie (eines Ausdruckes, dessen sich schon Richter bediente), war die Entdeckung Dalton's, daß die Atomengewichte der Verbindungen durch die Summe der Atomengewichte ihrer Bestandtheile ausgedrückt werden. Thomson und Wollaston fanden das Gesetz der multiplen Proportionen bei ihren Untersuchungen der oralsauren Salze bestätigt, wodurch die Aufmerksamkeit anderer Chemiker auf die von Dalton aufgestellte Theorie gerichtet wurde, welche von vielen Seiten Beifall fand, besonders da im Jahr 1808 Gay-Lussac die wichtige Entdeckung machte, daß die Gasarten sich in einem weit einfacheren Verhältnisse als die übrigen Körper mit einander verbinden und daß das Produkt der Verbindung zweier Gasarten, wenn es selbst wieder gasförmig ist (oder in diesen Zustand übergeführt werden kann), die Summe beider Gasarten zusammengenommen oder ein aliquoter Theil derselben ist, eine Entdeckung, die anfangs mit den Dalton'schen Ansichten nicht verträglich schien, bis man durch die genauere Bestimmung des spec. Gewichtes der Gasarten auf den Schluß kam, daß ein Volumen eines Gases ein Atomengewicht desselben sei und daß gleiche Volumina verschiedener Gase im Verhältniß ihrer Atomengewichte schwer sind. Berzelius ist unter den jetzt lebenden Chemikern derjenige, welcher die Atomentheorie durch eine große Reihe genauer Untersuchungen am meisten erweiterte und gegen die Angriffe, die ihr von verschiedenen Seiten gemacht wurden, am nachdrücklichsten vertheidigte.

Anmerk. Kopp ist in seiner Geschichte der Chemie, einem Werk, das wir jedem jungen Chemiker und Pharmaceuten zum eifrigsten Studium empfehlen können, einer Meinung beigetreten, die fast allgemein als die richtige angenommen wird, aber doch gänzlich falsch ist. Er schreibt nämlich die Entdeckung des Gesetzes der ungestörten Neutralität bei der gegenseitigen Zersetzung neutraler Salze Wenzel zu, wie es fast

die meisten Chemiker thun. Eine kritische Untersuchung dieser Annahme, die der Verfasser bereits vor zehn Jahren auf Veranlassung des Herrn Prof. Schweigger in Halle unternahm, bestätigten die von dem genannten Naturforscher schon längst ausgesprochene Ansicht, daß nicht Wenzel, sondern Richter der Erste gewesen ist, welcher das Gesetz der ungestörten Neutralität bei der gegenseitigen Zersetzung neutraler Salze aufgestellt und Ersterer vielleicht nur eine Ahnung hiervon gehabt hat, ohne sich jedoch hierüber bestimmt auszusprechen, wie weiter unten erörtert werden soll.

Zuvörderst wollen wir die bedeutendsten der Chemiker anführen, welche Wenzel die Entdeckung des genannten Gesetzes zuschreiben.

E. G. Bischoff sagt in seinem Lehrbuch der Stöchiometrie, Erlangen 1814, §. 5: „Sehr vielen Antheil an der Verbesserung der Verwandtschaftslehre nahmen ferner Wenzel, Wiegleb, Kirwan und vorzüglich der treffliche schwedische Chemiker Bergman, welcher an die Spitze aller chemischen Erscheinungen die Wahlanziehung stellte," und in der Anmerkung zu diesem Paragraphen noch: „übrigens verdient hier noch angemerkt zu werden, daß schon Wenzel das ungestörte Beibehalten der Neutralität beobachtete, wenn zwei Neutralsalze einander zersetzen. Er bewies durch seine genauen Analysen, daß dieses davon herrühre, daß die Base, welche die eine Säure verläßt, genau hinreichend ist, die andere Säure zu sättigen." Es wird hierdurch gewiß ausgedrückt, daß Wenzel nicht allein das Gesetz der ungestörten Neutralität entdeckt, sondern auch die Ursache derselben erforscht habe; doch sagt Bischoff in dem erwähnten Lehrbuch §. 15: „Die Erfahrung lehrt folgendes Gesetz: wenn zwei neutrale Verbindungen einander durch doppelte Wahlverwandtschaft zersetzen, so sind die neu entstehenden Produkte ebenfalls neutral." Und in der Anmerkung hierzu (nachdem ein Beispiel der ungestörten Neutralitätsbeibehaltung und ein anderes, wo eins der verwendeten Salze nicht neutral ist, die entstehenden Produkte auch nicht neutral sind, angegeben ist und auf die Wichtigkeit dieses Gesetzes aufmerksam gemacht wird, wobei man aber nicht die Angaben Bergman's, Wenzel's und Kirwan's zu Grunde legen dürfe, da diese weit von der Wahrheit entfernt seien): „Richter, dem wir dieses Gesetz zu verdanken haben, obgleich schon Wenzel das ungestörte Beibehalten der Neutralität bemerkte, entwarf den angeführten Grundsätzen gemäß nachstehende Tabelle (die wir hier nicht anführen)." Bischoff giebt nun gewiß hierdurch zu, daß Richter der Entdecker dieses Gesetzes sei und Wenzel bloß Beobachtungen machte, aber nicht die Allgemeinheit dieses Gesetzes kannte; es scheint aber, als wenn die beiden noch zu erwähnenden Chemiker (gänzlich abgesehen von Dalton, welcher bei der Aufstellung seiner Theorie die Richter'schen Ansichten gänzlich unberücksichtigt ließ, obgleich sie ihm bekannt sein mußten und sie die Grundlage seiner Lehren bilden) blos die zuerst erwähnte Meinung Bischoff's berücksichtigt hätten. Thomson nämlich (s. d. First principles of the Chemistry, London 1825. S. 5) schreibt Wenzel unbedingt die Entdeckung des Gesetzes der ungestörten Neutralität zu und läßt Richter (s. a. a. O. S. 7) bloß durch die Aufstellung seiner Tabelle die Richtigkeit dieses Gesetzes darthun. Dieser englische Chemiker schreibt sogar Wenzel zu, daß derselbe gefunden habe, eine gewisse Menge Schwefelsäure bedürfe zur Sättigung eine Menge von

Basen, die in nachfolgenden Zahlenverhältnissen zu einander stehen, nämlich:

9,75 Baryt,	4 Natron,
6,5 Strontian,	3,5 Kalk,
6 Kali,	2,5 Magnesia.

Wenzel hat jedoch keine Versuche mit Baryt und Strontian angestellt, wie aus seinem im Jahre 1777 erschienenen Werk von der Lehre der Verwandtschaft und daraus zu ersehen ist, daß die Baryterde zu jener Zeit eben erst entdeckt wurde, und die Strontianerde noch ganz unbekannt war; erst Grindel giebt in der von ihm im Jahre 1800 besorgten Ausgabe des genannten Buches in dem Anhang die Neutralitätsverhältnisse dieser beiden basischen Körper gegen die Säuren an; auch die Zahlenreihe der vier übrigen Basen ist nicht nach den ursprünglichen Resultaten Wenzel's, sondern nach späteren von Grindel zugefügten Berichtigungen aufgestellt, wornach es wahrscheinlich wird, daß Thomson gar nicht das ursprüngliche Werk Wenzel's vor sich gehabt hat.

Auch Berzelius schreibt in seinem Lehrbuch der Chemie (vergl. Bd. 3, Abth. 1, S. 17 der Ausgabe von 1827 und Bd. 5, S. 16 der Ausgabe von 1836) Wenzel die Entdeckung des Gesetzes der ungestörten Neutralität zu, indem er a. a. O. sagt: „Wenzel, ein deutscher Chemiker, scheint der Erste gewesen zu sein, welcher seine Aufmerksamkeit auf diese Verhältnisse (nämlich auf die chemischen Proportionen) richtete und sie durch Versuche zu bestätigen suchte. Er unterwarf einer nähern Prüfung eine Erscheinung, welche den Chemikern schon aufgefallen war, daß nämlich zwei neutrale Salze ihre Neutralität beibehalten, nachdem sie sich gegenseitig zersetzt haben. Er legte die Resultate seiner Untersuchungen in einer zu Dresden 1777 unter dem Titel: Lehre von der chemischen Verwandtschaft, erschienenen Schrift nieder und zeigte durch ungewöhnlich genaue Versuche, daß diese Erscheinung davon abzuleiten sei, daß die relativen Verhältnisse zwischen den Quantitäten von Alkalien und Erden, die eine gegebene Quantität von ein und derselben Säure sättigen, für alle Säuren dieselben sind, so daß, wenn z. B. salpetersaure Kalkerde durch schwefelsaures Kali zersetzt wird, das salpetersaure Kali und die schwefelsaure Kalkerde ihre Neutralität beibehalten, weil die Quantität von Kali, welche ein gegebenes Gewicht von Salpetersäure sättigt, sich zur Quantität der Kalkerde, welche dieselbe Menge von Salpetersäure sättigt, verhält, wie das Kali zur Kalkerde, welche eine gegebene Quantität Schwefelsäure sättigt." Berzelius scheint durch das angeführte Beispiel, welches nach den synthetischen Versuchen Wenzel's bei der Berechnung ziemlich genaue Resultate giebt, darthun zu wollen, daß Wenzel selbst in dieser Weise die Erscheinung der ungestörten Neutralität erklärt habe, wovon wir aber in der angeführten Schrift kein Wort auffinden konnten.

Eben so wenig gelang es uns, in dieser Schrift eine bestimmte Andeutung über das Gesetz der ungestörten Neutralität selbst auffinden zu können, man müßte denn §. 2 derselben für eine solche nehmen, in welchem Wenzel von der allgemeinen Ursache und dem Gesetze der Verwandtschaft sagt: „daß eine jede Verbindung der Körper eine bestimmte und unveränderliche Abmessung haben muß, die ohne äußerlich einwirkende Ursachen weder größer noch geringer werden kann, weil sonst auch nichts Gewisses aus ihrer Vergleichung bestimmt

werden könnte, ist schon an und für sich klar. Es folgt daher nothwendig, daß eine jede mögliche Verbindung zweier Körper mit jeder anderen beständig in dem genauesten Verhältniß stehet, und dieses Verhältniß drückt den Grad der Verbindung aus." Oder auch der §. 2 des Abschnittes von der Anwendung der Lehre von der Verwandtschaft der Körper auf besondere Fälle, wobei Wenzel sagt: „Aus den bis jetzt vorgetragenen Erfahrungen haben wir zwar ersehen, was bei der Zusammensetzung gewisser einzelner Körper erfolgt oder nicht erfolgt, in welcher Ordnung, unter welchen Bedingungen und in welchem Verhältniß der Menge sie sich mit einander verbinden; allein bei dem Allem sind die meisten dieser Erfahrungen, nur für sich betrachtet, von keiner großen Erheblichkeit, so lange wir bloß dabei stehen bleiben, und die ganze Wissenschaft darin einschränken; sie werden aber alsdann erst wichtig, sobald wir sie gehörig anwenden, und der Werth, den man ihnen beilegen kann, hängt allemal zugleich von der glücklichen Anwendung ab."

Wie läßt sich aber mit der Annahme des Gesetzes der ungestörten Neutralität folgendes von Wenzel selbst aufgestellte Beispiel zusammenstellen? Er giebt nämlich an, daß zur Zersetzung von 480 Theilen wasserfreiem Bleizucker 248,5 Theile Salmiak nöthig seien; nach seinen unten angegebenen empirischen Resultaten ist das Verhältniß des Ammoniaks zur Essigsäure wie 144 : 240 (oder 60 : 100) und das des Bleis zur Essigsäure wie 502 : 240 (oder 209,58 : 100) und es wären demnach bei der gegenseitigen Einwirkung von Bleizucker und Salmiak in den angegebenen Verhältnissen 33 Theile Alkali zu viel vorhanden, weßhalb man auf 480 Theile wasserfreien Bleizucker nur 182,5 Theile Salmiak nehmen dürfe und wegen der nun zu wenig vorhandenen Salzsäure noch 413 Theile Alaun zusetzen müsse. Nach den neueren Erfahrungen sind aber zur vollständigen Zersetzung von 480 Theilen wasserfreiem Bleizucker nur 158,6 Theile Salmiak nothwendig, und in dieser Menge Salmiak ist gerade so viel Salzsäure (oder richtiger Chlor) enthalten, um alles in dem Bleizucker enthaltene Blei in salzsaures Blei (richtiger in Chlorblei) zu verwandeln und die abgeschiedene Essigsäure ist gerade hinreichend, alles Ammoniak vollständig zu neutralisiren, ohne daß irgend ein Zusatz einer andern Substanz nothwendig wäre, denn 480 Theile Bleizucker bestehen aus 329,2 Theilen Bleioxyd und 150,8 Theilen Essigsäure, und 158,6 Theile Salmiak aus 50,8 Theilen Ammoniak und 107,8 Theilen Salzsäure, und die angegebenen Mengen von Säuren und Basen sind unbedingt erforderlich, wenn sie sich gegenseitig neutralisiren sollen. — Aus diesem Beispiel geht schon ganz unbedingt hervor, daß Wenzel die ungestörte Neutralität nur für einige Fälle kannte, in anderen aber seine gefundenen Zahlenverhältnisse nicht zu den Resultaten stimmten, wie unten durch mehrere Beispiele angegeben werden soll. Höchst bemerkenswerth ist das von Wenzel für die Zusammensetzung des Schießpulvers angegebene Verhältniß der einzelnen Bestandtheile; er sagt, das beste Schießpulver erhalte man durch Vermischung von 7680 Theilen Salpeter, 1152 Theilen Schwefel und 1360 Theilen Kohle; dividirt man diese Zahlen durch die Aequivalentenzahlen, nämlich das Gewichtsverhältniß des Salpeters durch 102, das des Schwefels durch 16 und das der Kohle durch 6, so erhält man fast ganz genau die Zusammensetzung des Schießpulvers aus 1 Aequiv.

Salpeter, 1 Aequiv. Schwefel und 3 Aequiv. Kohle, welche die richtigste ist, indem bei der Entzündung der ganze Sauerstoff des Salpeters, sowohl der der Salpetersäure als der des Kalis, von der Kohle zu Kohlensäure angezogen, diese mit dem freigewordenen Stickstoff gasförmig abgeschieden und das reducirte Kalium mit dem Schwefel verbunden wird, wie sich durch die Formel

$$KO, NO_5 + S + 3\,C = KS + N + 3\,CO_2$$

versinnlichen läßt. Es ist dieses ein schönes Beispiel, wie genau Wenzel zu experimentiren verstand.

Die Resultate, welche Wenzel bei seinen synthetischen Versuchen über die Verbindungsverhältnisse der Säuren mit den basischen Körpern erhielt, haben wir in nachstehender Tabelle berechnet:

100 Schwefelsäure,	100 Salpetersäure,	100 Salzsäure,	100 Essigsäure	nehmen auf
121,00	92,77	183,50	100,60	Kali
79,43	60,00	119,00	65,60	Natron
70,21	49,53	103,93	60,00	Ammoniak
67,70	51,10	96,53	52,10	Kalk
55,00	38,88	81,74	51,56	Bittererde
62,36	61,80	130,23	100,70	Kobalt
85,83	53,33	135,64	80,00	Zink
72,92	91,66	105,54	77,70	Eisen
233,77	334,17	266,64	209,58	Blei
129,50	195,00	185,19	. . . .	Zinn
79,70	53,33	113,75	67,15	Kupfer
128,75	151,41	260,74	8,62	Alaunerde
26,39	102,96	174,69	6,48	Wismuth
58,90	345,41	298,30	100,18	Quecksilber
218,18	180,00	303,80	42,27	Silber.
		99,44		Antimon
		75,42		Arsen.

Berechnet man nun nach diesen empirischen Resultaten das Verhältniß der Schwefelsäure zu der Salpetersäure, Salzsäure und Essigsäure, so ergeben sich sehr abweichende Säureverhältnisse in den verschiedenen Salzen, wie aus nachstehender Tabelle erhellt, in welcher die Schwefelsäure mit der Zahl 100 angenommen worden ist.

100 Schwefelsäure stehen nämlich im Verhältniß

zu Salpetersäure,	Salzsäure und	Essigsäure	
130,43	65,94	120,28	gegen Kali
132,38	66,75	121,08	„ Natron
141,75	67,55	116,33	„ Ammoniak
132,74	70,13	129,94	„ Kalk
141,46	66,06	106,67	„ Magnesia
100,90	47,88	61,92	„ Kobalt
160,94	64,01	107,29	„ Zink
79,55	69,09	93,86	„ Eisen
69,96	88,12	111,54	„ Blei
66,41	69,93	. . . .	„ Zinn
149,45	70,07	118,69	„ Kupfer
85,03	49,38	1465,77	„ Alaunerde
25,63	15,11	40,72	„ Wismuth
17,05	19,75	58,79	„ Quecksilber
121,21	71,81	516,16	„ Silber.

Es geht aus diesen Zahlenverhältnissen hervor, daß die Rechnung nur in wenigen Fällen mit den Resultaten stimmen kann, wenn eins der untersuchten neutralen Salze durch ein anderes neutrales vollständig zersetzt wird. Berzelius hat einen der Fälle angeführt, wo die Berechnung ziemlich genau mit dem Resultat übereinstimmt, nämlich die Zersetzung der salpetersauren Kalkerde durch schwefelsaures Kali; Wenzel fand nämlich 530,43 Theile schwefelsaures Kali aus 290,43 Theilen Kali und 240 Theilen Schwefelsäure und 362,66 Theile salpetersaure Kalkerde aus 122,66 Theilen Kalkerde und 240 Theilen Salpetersäure, 462,66 Theile salpetersaures Kali aber aus 222,66 Theilen Kali und 240 Theilen Salpetersäure, und 402,5 Theile schwefelsaure Kalkerde aus 162,5 Theilen Kalkerde und 240 Theilen Schwefelsäure zusammengesetzt; bei der Zersetzung der salpetersauren Kalkerde durch schwefelsaures Kali bilden sich nun salpetersaures Kali und schwefelsaure Kalkerde, ohne daß eine der Säuren oder der Basen ungebunden bleibt; bei der Berechnung findet sich nun, daß 290,43 Kali : 162,5 Kalkerde = 222,66 Kali : 123,48 Kalkerde, und 122,66 Kalkerde : 222,66 Kali = 162,5 Kalkerde : 293,178 Kali, die Säurenverhältnisse aber unter einander gleich sind, und demnach die Differenz bei Kali zwischen 290,43 und 293,178, bei der Kalkerde, zwischen 122,66 und 123,48 liegt. — Wir haben in den Wenzel'schen Versuchen noch ein viel genaueres Beispiel aufgefunden, nämlich wenn statt des schwefelsauren Kali schwefelsaures Natron zur Zersetzung der salpetersauren Kalkerde, wobei sich schwefelsaure Kalkerde und salpetersaures Natron bilden, angenommen wird. Wenzel fand

schwefelsaures Natron aus	salpetersaure Kalkerde aus
190,66 Natron u. 240 Schwefels.,	122,66 Kalkerde u. 240 Salpeters.,

und

schwefelsaure Kalkerde aus	salpetersaures Natron aus
162,5 Kalkerde u. 240 Schwefels.,	143,9 Natron u. 240 Salpeters.,

zusammengesetzt, wo sich dann
122,66 Kalkerde : 143,9 Natron = 162,5 Kalkerde : 190,64 Natron und
143,9 Natron : 162,66 Kalkerde = 190,66 Natron : 162,52 Kalkerde
ergiebt, die Differenz also ganz verschwindend ist. — Ganz anders gestalten sich aber die Rechnungsresultate, wenn man die salpetersaure Kalkerde durch schwefelsaure Magnesia, schwefelsaures Ammoniak oder schwefelsaures Kupfer zersetzt, wo sich nach den Wenzel'schen Versuchen folgende Zahlen herausstellen:

Salpetersaure Kalkerde	Schwefelsaure Magnesia
122,66 Kalkerde + 240 Salpeters.	132 Magnesia + 240 Schwefels.
Schwefelsaure Kalkerde	Salpetersaure Magnesia
162,5 Kalkerde + 240 Schwefels.;	93,33 Magnesia + 240 Salpeters.;

es ist demnach:
122,66 Kalkerde : 93,33 Magnesia = 162,5 Kalkerde : 123,64 Magnesia, u.
132,0 Magnesia : 162,5 Kalkerde = 93,33 Magnesia : 114,89 Kalkerde;
ferner:

Salpetersaure Kalkerde	Schwefelsaures Ammoniak
122,66 Kalkerde + 240 Salpeters.	168,75 Ammoniak + 240 Schwefels.
Schwefelsaure Kalkerde	Salpetersaures Ammoniak.
162,5 Kalkerde + 240 Schwefels.	119,27 Ammoniak + 240 Salpeters.

wonach sich
122,66 Kalkerde : 119,27 Amm. = 162,5 Kalkerde : 158,0 Ammoniak und

168,75 Ammoniak : 162,5 Kalkerde = 119,27 Ammoniak : 114,8 Kalkerde ergiebt; und endlich

Salpetersaure Kalkerde	Schwefelsaures Kupfer
122,66 Kalkerde + 240 Salpeters.	191,66 Kupferoxyd + 240 Schwefels.
Schwefelsaure Kalkerde	Salpetersaures Kupfer
162,5 Kalkerde + 240 Schwefels.	128 Kupferoxyd + 240 Salpeters.,

woraus sich

122,66 Kalkerde : 128 Kupferoxyd = 162,5 Kalkerde : 169,57 Kupferoxyd u. 191,66 Kupferoxyd : 162,5 Kalkerde = 128 Kupferoxyd : 108,53 Kalkerde ergiebt. Auch bei der Zersetzung des essigsauren, salpetersauren und salzsauren Bleis durch schwefelsaures Natron ergeben sich bedeutende Differenzen; nach Wenzel ist

Essigsaures Bleioxyd	Schwefelsaures Natron
503 Bleioxyd + 240 Essigsäure	190,66 Natron + 240 Schwefelsäure
Schwefelsaures Bleioxyd	Essigsaures Natron
553,85 Bleioxyd + 240 Schwefelsäure	157,43 Natron + 240 Essigsäure,

503 Bleioxyd : 157,43 Natron = 553,85 Bleioxyd : 173,34 Natron, und 190,66 Natron : 553,85 Bleioxyd = 157,43 Natron : 457,8 Bleioxyd.

Salpetersaures Bleioxyd	Schwefelsaures Natron
802 Bleioxyd + 240 Salpetersäure	150,66 Natron + 240 Schwefelsäure
Schwefelsaures Bleioxyd	Salpetersaures Natron
553,85 Bleioxyd + 240 Schwefelsäure	143,9 Natron + 240 Salpetersäure,

802 Bleioxyd : 143,9 Natron = 553,85 Bleioxyd : 99,62 Natron und 190,66 Natron : 553,85 Bleioxyd + 143,9 Natron : 418 Bleioxyd,

Salzsaures Bleioxyd	Schwefelsaures Natron
640 Bleioxyd + 240 Salzsäure	190,66 Natron + 240 Schwefelsäure
Schwefelsaures Bleioxyd	Salzsaures Natron
553,85 Bleioxyd + 240 Schwefelsäure	286 Natron + 240 Salzsäure

640 Bleioxyd : 286 Natron = 553,85 Bleioxyd : 247,5 Natron, und 190,66 Natron : 553,85 Bleioxyd = 286 Natron : 830,8 Bleioxyd.

Aus den angeführten Beispielen geht nun ganz gewiß hervor, daß Wenzel, wenn er auch die ungestörte Neutralität beobachtet haben mag, doch nicht das Durchgreifende dieses Gesetzes kannte, denn dann müßte er bei Vergleichung seiner Resultate die Differenzen beobachtet haben, von denen wir mehrere angeführt haben; Richter ist als der Erste zu betrachten, welcher das Gesetz der ungestörten Neutralität nach seinem Werth erkannte, und selbst Berzelius sagt später in seinem Lehrbuch: „Aber es ist vorzüglich J. B. Richter, Chemiker zu Berlin, dem wir die erste positive Erklärung über die chemischen Proportionen verdanken, die er auf zahlreiche Versuche, welchen dieser Gelehrte einen großen Theil seiner Zeit gewidmet zu haben scheint (gewiß wirklich gewidmet hat), gegründet hatte. Er bestrebte sich in seiner chemischen Stöchiometrie, einem Werke, worin sich freilich seine Einbildungskraft nicht immer durch die Erfahrung leiten ließ, der Chemie eine rein wissenschaftliche Form zu geben. Ohne seine Irrthümer hier weiter zu berühren, wollen wir uns bloß mit seinen wesentlichen Arbeiten über die chemischen Proportionen beschäftigen. Man findet sie in einem von ihm herausgegebenen periodischen Werke: Ueber die neueren Gegenstände der Chemie, mit dem aus dem Buche der Weisheit Cap. 2, V. 22 entnommenen Motto: Gott hat Alles nach Maß, Zahl und Gewicht geordnet, auseinandergesetzt. Vorzüglich enthalten das 7., 8. und 9. Stück, von 1796 bis 1798, Erfahrungen über diesen Gegenstand,

welche alle Aufmerksamkeit verdienen. Er prüft darin die von Wenzel beobachtete Erscheinung, und erklärt sie auf dieselbe Art wie Letzterer. Er sucht darin die relative Sättigungscapacität der Basen und Säuren zu bestimmen. Er bemerkt ferner, daß bei der gegenseitigen Fällung der Metalle die Neutralisation der Flüssigkeit nicht verändert wird, und er gibt davon eine Erklärung, die wir noch jetzt als richtig anerkennen."

Aber nicht allein, daß Richter das Verdienst der Auffindung und Durchführung des Gesetzes der ungestörten Neutralität geschmälert oder entzogen worden ist (denn unter den größeren Lehrbüchern der Chemie ist nur das von Leopold Gmelin herausgegebene, in welchem (s. vierte Aufl. 1843, Bd. 1, S. 116) kurz gesagt wird, daß Richter fand, bei der gegenseitigen Zersetzung zweier Salze, welche auf Pflanzenfarben neutral reagiren, bleiben es auch die neugebildeten Salze), auch seine Verdienste um die Proportionslehre im Allgemeinen sind nicht von seinen Zeitgenossen gewürdigt worden. Berzelius sagt hierüber a. a. O. S. 17: „Wenn man die Arbeiten Richter's über die chemischen Proportionen liest, so ist man verwundert, daß das Studium dieses Gegenstandes auch nur einen Augenblick habe vernachläßigt werden können. Indessen findet sich in Richter's Werken ein Umstand vor, welcher dazu beiträgt, den Eindruck davon auf die Leser zu schwächen; daß nämlich die quantitativen Resultate seiner Versuche nicht sehr genau sind. Seine Vergleichungen gehen sonst immer von der kohlensauren Alaunerde aus, einer Verbindung, von der wir jetzt wissen, daß sie nicht bestehen kann. Seine Versuche bedurften einer Wiederholung, um den beim Leser natürlicher Weise entstehenden Verdacht zu vernichten, daß sein Wunsch, sein System dadurch bestätigt zu sehen, Einfluß auf ihre Resultate gehabt habe. Uebrigens ist sein Styl eigenthümlich; er nimmt die Entdeckungen der antiphlogistischen Schule an, ohne sich entschließen zu können, die Sprache der Phlogistiker gänzlich zu verlassen; und indem er die Mitte zwischen beiden Versuchen zu halten suchte, mißfiel er beiden." Als einen andern Grund, weßhalb die Arbeiten Richter's von den Chemikern seiner Zeit wenig oder gar nicht berücksichtigt wurden, nimmt Berzelius noch den an, daß die Revolution, welche von Lavoisier in der Chemie kurz zuvor hervorgerufen, und der deßhalb unter den Chemikern entstandene Streit noch nicht beendigt worden war, der alleinige Gegenstand des Nachdenkens der Chemiker war und deßhalb alles Andere der Aufmerksamkeit entging, was nicht unmittelbar der neuen Theorie und ihrer Anwendung zur Erklärung der bekannten Thatsachen angehörte. Ein dritter noch wahrscheinlicherer Grund, weßhalb die Richter'schen Arbeiten und Schriften nicht berücksichtigt wurden, kann aber der sein, daß zur Verständniß derselben eine tiefe Kenntniß der Mathematik gehörte, eine Wissenschaft, deren Nothwendigkeit für das Studium der Chemie damals noch nicht erkannt worden war und die wegen der Zahlen gewiß eine große Menge sonst tüchtiger Chemiker an dem Lesen der Richter'schen Schriften abhielt. So konnte es nur kommen, daß die von England zu uns herüberkommende Atomenlehre als etwas ganz Neues und Eigenthümliches aufgenommen wurde, während die Grundzüge hierzu, abgesehen von der Ansicht und Aufstellung von Atomen, schon in den Richter'schen Arbeiten niedergelegt waren. Selbst der Uebersetzer der Dalton'schen Lehre, ein Landsmann

Richter's und mit ihm an einem und demselben Orte wohnend, erwähnt nicht der Richter'schen Arbeiten, um wie weniger war dann eine Kenntniß oder Berücksichtigung derselben von ausländischen Chemikern zu erwarten.

Unser Wunsch ist es, durch diese Bemerkung Richter's Verdienste um die Proportionslehre mehr hervorzuheben, als es bis jetzt geschehen ist; der Vorwurf, daß seine Resultate nicht immer die gehörige Genauigkeit zeigten, liegt in dem damaligen Standpunkte der analytischen Chemie, und er kann mehr oder minder den bedeutendsten Chemikern der Vor- und Jetztzeit gemacht werden, da durch die vollkommenere Entwicklung der Wissenschaft fortwährend Verbesserungen und Veränderungen in den Resultaten hervorgerufen werden.

§. 14. Durch die Entdeckung der galvanischen Elektricität, die Volta durch die Construirung seiner Säule zu verstärken lehrte, wurde mit dem Beginn des jetzigen Jahrhunderts die Chemie durch ein neues wichtiges Agens bereichert. Schon 1800 beobachteten Nicholson und Carlisle die Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom, und die Röthung der Lakmustinktur an dem positiven Pol, worauf Cruikshank bei seinen Versuchen mit anderen Pflanzenfarben die entgegengesetzte Erscheinung am negativen Pole wahrnahm. Berzelius und Hisinger dehnten schon 1803 ihre Untersuchungen über die Wirkungen der galvanischen Säule auf Salze und einige Basen aus und thaten dar, daß sich am negativen Pole immer die brennbaren Bestandtheile, Alkalien und Erden, am positiven Pole aber Sauerstoff, Säuren und oxydirte Körper ausscheiden und hierdurch ein elektrischer Unterschied zwischen Säure und Basis angedeutet werde. In dieser Zeit wurden eine Menge Beobachtungen von verschiedenen Physikern über die Bildung von Säuren, Ammoniak, Natron u. s. w. bei der Zersetzung des Wassers durch die galvanische Säule gemacht, die von verschiedenen Seiten bestritten, von anderen behauptet wurden, bis 1806 Henry Davy durch eine Reihe von Untersuchungen darthat, daß die Bildung einer Säure oder Basis bei der Wasserzersetzung nur dann stattfinde, wenn die Verbindung bereits im Wasser oder im Gefäß, worin gearbeitet werde, enthalten sei. Die anderweiten Versuche über die Zersetzung der Salze durch den galvanischen Strom führten Davy zu der Annahme, daß alle Substanzen, welche chemische Affinität zu einander haben, von verschiedenem elektrischen Zustand sind, und daß die Stärke der Affinität zwischen zwei Körpern proportionirt ist der Intensität der elektrischen Spannung zwischen beiden. Hiermit war die erste elektrochemische Ansicht ausgesprochen und im Jahr 1812 gab Davy (der in der Zwischenzeit bei den Untersuchungen über die zersetzende Kraft des galvanischen Stroms die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden entdeckt hatte) seine elektrochemische Theorie in folgender Weise:

Chemische Veränderungen und elektrische Veränderungen sind, wenn auch als verschiedene Erscheinungen, doch als Wirkungen ein und derselben Kraft anzusehen.

Elektrische Erscheinungen treten dann ein, wenn die Körper in größeren Massen auf einander wirken, während die chemischen auf einer Wirkung der kleinsten Theilchen der Körper auf einander beruhen.

Dieselbe Kraft, welche die Körper in die entgegengesetzten Verhältnisse vom positiv- und negativ-elektrischen Zustand versetzt und ihnen also das Anziehungsvermögen zu einander mittheilt, ertheilt auch den kleinsten Theilchen der Körper Anziehungsvermögen zu einander

und setzt sie in den Stand, sich zu chemischen Verbindungen zu vereinigen, wenn sie Freiheit der Bewegung haben.

Hiernach muß die Elektricität, welche durch die Berührung verschiedener Körper hervorgebracht wird, zugleich den Ausdruck der chemischen Verwandtschaft dieser Körper unter sich sein. Diese Theorie fand im Anfang bei den Chemikern allgemeinen Eingang, bis ihre Richtigkeit seit 1821, als der Streit zwischen den Anhängern der Contact- und denen der chemischen Theorie des Galvanismus begann und die Chemiker sich immer mehr von der Contacttheorie lossagten, mehr in Zweifel gezogen wurde, und die Berzelius'schen Theorien über den Elektrochemismus, welche im Jahr 1819 bekannt gemacht wurden, fast allgemein als die richtigeren angenommen und bis jetzt beibehalten wurden. Eine bedeutende Erweiterung der Berzelius'schen Lehre fand durch die im Jahre 1834 gemachte Entdeckung Faraday's statt, daß nämlich ein gleich stark elektrischer Strom, durch verschiedene zersetzbare Körper geleitet, aus ihnen gleiche Aequivalente der verbundenen Körper abscheidet, wodurch die Lehre des Elektrochemismus in einen innigern Zusammenhang mit den Gesetzen der Affinität hinsichtlich der Quantitäten, in welchen sich die verschiedenen Stoffe vereinigen, kam. Fast gleichzeitig mit Davy, im Jahr 1812, machte Schweigger den ersten Versuch einer Theorie, wonach den kleinsten Theilchen der Körper Pole mit entgegengesetzter Elektricität zugeschrieben werden, und diese Polarität als die Ursache der chemischen Erscheinungen angesehen wurde; durch diese sogenannte krystallelektrische Theorie werden nicht allein die Affinitätserscheinungen, sondern auch die physikalischen Verhältnisse der Körper, namentlich der Aggregatzustand, in folgender Weise zu erklären gesucht:

Alle Körper bestehen aus krystallinischen kleinsten Theilchen, Differentialen (die jedoch durchaus von dem Begriff eines Atoms zu unterscheiden sind), deren Krystallgestalt die der Körper selbst ist.

Ein Differential hat so viele Pole, als seiner Gestalt Ecken zukommen.

Die sich diametral entgegengesetzten Pole enthalten entgegengesetzte Elektricitäten, so lange der Körper fest oder tropfbar-flüssig bleibt.

Ist der Körper fest, so stehen die freien Elektricitäten in den entgegengesetzten Polen nicht im Gleichgewicht mit einander, sondern in den Säuren z. B. enthalten die negativen Pole mehr freie Elektricität als die positiven, und in den Oryden findet das Umgekehrte statt.

Mit dem Flüssigwerden eines Körpers hört die Verschiedenheit in der Stärke der entgegengesetzten Körper auf, und die freie Elektricität der negativen Pole ist mit der freien Elektricität der positiven Pole gleich stark.

Durch dieses Gleichgewicht der Elektricitäten in Flüssigkeiten ist die leichte Verschiebbarkeit in den Differentialen bedingt.

Der Uebergang in den elastischen Zustand ist dadurch bedingt, daß alle Pole eines Körpers dieselbe Elektricität annehmen, indem die Expansionskraft der Gasarten als elektrische Abstoßung zu betrachten ist.

Die Annahme von Polen in den kleinsten Theilchen eines Körpers ist auch in die von Berzelius aufgestellte elektrochemische Theorie aufgenommen worden, nur daß die Pole den Atomen zukommen.

§. 15. Die bis jetzt entdeckten chemischen Gesetze und die Theorien, die man als die wahren betrachtet, sind Gegenstand des Nachfolgenden, und eine geschichtliche Entwicklung kurz an betreffenden Orten angegeben. Es ist

hier nur noch darauf aufmerksam zu machen, daß die organische Chemie, welche sich am Anfang unseres Jahrhunderts nur mit der Kenntniß weniger Verbindungen begnügte, durch die Forschungen Vauquelin's, Gay-Lussac's, Thenard's, Berzelius', Mitscherlich's, Pelletier's, Dumas', Wöhler's, Liebig's und vieler anderer Chemiker, einen Umfang gewonnen hat, der nicht vermuthet werden konnte, und bereits jetzt, da schon allgemeinere Betrachtungsweisen über die Entstehung, Umbildung und Zusammensetzung der organischen Verbindungen zulässig sind, wo man noch vor wenigen Jahren Einzelheiten zu beobachten glaubte (vgl. dritte Abth.).

Erste Abtheilung.

Von der Materie und den allgemeinen Eigenschaften derselben.

§. 16. Alles, was sich unseren Sinnen als Erscheinung der Außenwelt darstellt, was den Raum erfüllt oder was in demselben thätig ist, wird Materie genannt und unterschieden in solche, welche bloß im Raume thätig ist, ohne denselben zu erfüllen, und in Materie, deren Grundcharakter Raumerfüllung ist. Man nennt erstere Art, da sie nicht bloß unserem Planeten, sondern dem ganzen Universum anzugehören scheint, die ätherische, die letztere, als nur für unseren Planeten bekannt, die irdische Materie.

Was Materie ist, wird von den Metaphysikern auf verschiedene Weise erklärt und manche haben sogar bezweifelt, ob sich ihr Dasein überhaupt durch überzeugende Gründe darthun lasse, da wir durchaus kein Fassungsvermögen für das abgesonderte Sein von etwas haben, was wir nur in Verbindung mit Anderen und zwar in nothwendiger Verbindung kennen.

§. 17. Die ätherische Materie ist weder schwer, noch raumerfüllend, deßhalb nicht sperrbar und wird daher imponderable oder incoërcible Materie genannt. Sie ist als solche nicht wahrnehmbar, aber ihr Dasein offenbart sich durch eigenthümliche Wirkungen in dem mit irdischer Materie erfüllten Raume, d. h. durch Erscheinungen, von denen wir annehmen können, daß sie nicht aus der irdischen Materie selbst entspringen. Diese Erscheinungen sind die des Lichtes, der Wärme, der Elektricität und des Magnetismus, deren Ursachen als besondere Thätigkeiten, als Arten der ätherischen Materie betrachtet und sie selbst Imponderabilien genannt werden.

Die Lebenskraft der organischen Körper ist wohl auch zu den Imponderabilien zu rechnen, die vielleicht alle nur Modifikationen eines, die ganze Natur durchdringenden mächtigen Agens sind und den Uebergang zu dem Geistigen machen.

§. 18. Die irdische Materie wirkt unter allen Umständen raumerfüllend und bedingt durch diese Eigenschaft die Erscheinung der materiellen Ausdehnung. Das Dasein physischer Körper — ist überhaupt die Substanz im Raum — erfüllt diesen mit Stetigkeit (ist daher wie dieser theilbar), aber nicht mit gleicher Intensität, ist schwer, d. h. sie zeigt ein fortwährendes Bestreben, sich nach dem Mittelpunkt der Erde zu bewegen und vermöge dieser Eigenschaft fortwährend auf ihre Unterlage zu drücken, und ist träge, d. h. sie kann nicht von selbst ihre Lage oder ihren Ort verändern, aber durch äußere Ursachen bestimmt werden, aus dem Zustand der Ruhe in den der Bewegung übergehen.

Die Größe des Raumes, den ein Körper einnimmt, wird der Umfang oder das Volumen, und die Quantität der Materie in einem Raume die Masse genannt. Die verschiedene Intensität, mit der die Materie den Raum erfüllt, bedingt die verschiedenen Formen, d. h. den luftförmigen, tropfbar-flüssigen und festen Zustand derselben. Die Größe des Drucks einer Materie heißt das absolute Gewicht des Körpers, welches sich stets wie die Masse verhält, weßhalb diese selbst der Quantität nach durch das Gewicht bestimmt wird. Körper von ein und derselben Beschaffenheit haben ein dem Volumen proportionirtes Gewicht, Körper von ungleicher Beschaffenheit hingegen fast ohne Ausnahme bei gleichem Umfange ein ungleiches, oft sehr verschiedenes Gewicht, d. h. sie zeigen ein verschiedenes Verhältniß der Masse zum Volumen; dieses Verhältniß wird die Dichtigkeit oder, wenn man sie durch Zahlen ausdrückt, das eigenthümliche oder specifische Gewicht der Körper genannt. Die Ursache der Bewegung und überhaupt jeder Veränderung heißt die Kraft, die Lehre von der Bewegung der Körper die Mechanik, und die Lehre von den Kräften die Dynamik. Der Ausdruck Kraft dient bloß zur Versinnlichung der Ursachen von Wirkungen, da die Natur der physischen Kräfte uns gänzlich unbekannt ist und es unentschieden bleibt, ob sie der Materie fremdartig oder ihr angehörend und mit ihrem Wesen verbunden sind.

§. 19. Die irdische Materie stellt sich, wie bereits gesagt, in drei verschiedenen, jedoch in vielen Fällen veränderlichen Zuständen der Raumerfüllung dar. Den im höchsten Grad ausgedehnten, beweglichsten und vollkommen durchsichtigen Zustand nennt man die luftförmige, gasförmige oder elastisch-flüssige Form der Materie, die dann ausdehnsam und zusammendrückbar ist, und ihr Raum steht stets im umgekehrten, ihre Dichtigkeit im geraden Verhältniß des Druckes, dem sie ausgesetzt ist. Denjenigen Zustand, bei welchem die Materie in kleinen Massen eine sphärische Gestalt annehmen kann, d. h. Tropfen bildet, nennt man die tropfbarflüssige Form der Materie; sie äußert dann kein Bestreben, sich auszudehnen, ist daher auch weniger beweglich, als die luftförmige Materie, läßt sich aber noch leicht nach allen Richtungen verschieben und wird deßhalb, wie die luftförmige Materie, durch ihre Beweglichkeit und ihren Druck bestimmt, stets die Form des Gefäßes, in dem sie eingesperrt ist, anzunehmen, läßt sich aber gar nicht oder nur sehr wenig zusammendrücken. Den festen Zustand nennt man die starre Form der Materie, deren Massentheilchen mehr oder minder fest zusammenhängen, so daß sie sich weder leicht trennen, noch auf einander verschieben und nach erfolgter Trennung nur mit Mühe wieder vereinigen lassen; die Selbstständigkeit der starren Materie bedingt die Sperrbarkeit der luftförmigen und elastisch-flüssigen Materie.

Da die elastisch-flüssige Materie an und für sich formlos d. h. unfähig ist, sich als Körper darzustellen, so steht sie in dieser Beziehung als Gegensatz der starren Materie, welche stets eine bestimmte selbstständige, organische oder krystallinische Gestalt hat, und da der tropfbar-flüssige Zustand der Materie nur ein bedingter, nicht selbstständiger ist, so kann er als der indifferente Zustand, der elastisch-flüssige und der starre aber als die polaren Formen der Raumerfüllung betrachtet werden. Die Beständigkeit dieser polaren Formen hängt jedoch von der innern Constitution der Materie, die Veränderlichkeit derselben aber von besonderen thätigen Kräften der Anziehung und Abstoßung, nämlich von der dynamischen Thätigkeit der irdischen und der ätherischen Materie ab.

§. 20. Die Verschiedenheit der Form, Dichtigkeit und anderer sinnlich wahrnehmbarer Eigenschaften der Körper ist bedingt durch das Dasein verschiedener Arten von Materie und durch die Verschiedenheit der innern Constitution der Körper selbst. Jede irdische Materie ist entweder einfach, d. h. sie läßt sich nicht weiter zerlegen und ist unter allen Umständen in ihrem Verhalten beständig, oder zusammengesetzt, d. h. sie läßt sich unter veränderten äußeren Verhältnissen in verschiedene Arten der Materie zerlegen. Die Zahl der unzerlegbaren Stoffe, die §. 3 aufgeführt sind, ist nicht groß, während die zusammengesetzten Körper durch die verschiedene Qualität und die verschiedenen quantitativen Verhältnisse der Bestandtheile, aus welchen sie zusammengesetzt sind, eine unendlich große Verschiedenheit zeigen.

In dem Diamant ist ein einfacher Körper, der Kohlenstoff, in dem Wasser und der atmosphärischen Luft aber ein zusammengesetzter Körper erkannt worden; ersterer besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff, letztere aus Sauerstoff und Stickstoff. Diese vier Stoffe, der Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, oder einzelne derselben bilden, in verschiedenen quantitativen Verhältnissen mit einander verbunden, alle die unendlich verschiedenen, zum Theil auch noch unbekannten Arten der Pflanzen- und Thiersubstanz.

§. 21. Jede Art von Materie wirkt vermöge der in ihr wohnenden Kräfte der Anziehung und Abstoßung fortwährend anziehend und abstoßend; die erstere Kraft äußert sich durch Anziehung aus der Ferne, nämlich in dem Phänomen der Schwere, und durch Anziehung in der Berührung, nämlich in den Erscheinungen der Cohäsion und der gegenseitigen Durchdringung der Massen, letztere, die Kraft der Abstoßung, stellt sich in dem Phänomen der Ausdehnung und Raumerfüllung dar, Erscheinungen, welche der Cohäsion und der gegenseitigen Durchdringung entgegengesetzt sind. Nach dem Erfolge der Wirkungen jener Kräfte werden mechanische Wirkungen, als solche, durch welche der äußere Zustand und das räumliche Verhältniß der Körper bestimmt oder verändert wird, und chemische Wirkungen, die eine Veränderung in der materiellen Beschaffenheit bewirkt haben, unterschieden.

§. 22. Die Wirkung einer jeden Kraft wird stets bedingt durch das Dasein und die Thätigkeit einer entgegengesetzten Kraft, weßhalb jede Erscheinung als Resultat der Thätigkeit zweier Kräfte betrachtet werden muß, die man die Polarkräfte nennt, weil sie sich in den Erscheinungen der Elektricität und des Magnetismus durch Anziehung und Abstoßung an entgegengesetzten Punkten ihrer Oberfläche, an den sog. Polen, sinnlich wahrnehmen lassen.

§. 23. Da durch die elektrische Kraft die Bestandtheile vieler zusammengesetzten Körper getrennt und stets nach einem gewissen Pol gezogen werden, so muß ein jeder derselben, als ein Gegensatz des andern, bei allen als Repräsentant der entgegengesetzten elektrischen Kräfte betrachtet werden; man nennt deßhalb diese nach zwei Enden, Polen, zu stattfindende Scheidung die elektrochemische Zersetzung und das durch die Verschiedenheit der inneren Eigenschaften der Materie begründete, entgegengesetzte elektrische Verhältniß der Bestandtheile die chemische Differenz der Stoffe. Diese Differenz bedingt die Aeußerung von Kräften, welche Verwandtschaftskräfte, richtiger aber chemische Kräfte genannt werden, indem sie bei ihrer Thätigkeit die differenten Arten der Materie bestimmen, sich gegenseitig zu durchdringen oder wieder herauszutreten, den chemischen Proceß zu bilden, wodurch im ersteren Fall alle Differenz verschwindet, im andern dieselbe wieder hervortritt. Es ist deßhalb die chemische Durch-

bringung als ein Proceß der Entladung chemischer Kräfte (Neutralisation) und der der Zersetzung als ein Proceß der Ladung differenter Materie mit chemischen Kräften zu betrachten, und es ist der Proceß der Entladung chemischer Kräfte analog dem Processe der Ausgleichung elektrischer Kräfte, d. h. wie dieser stets mit Entwicklung von Feuer oder Wärme verbunden.

Bei der chemischen Durchbringung oder Scheidung verschiedener Stoffe behalten die entstehenden Verbindungen oder abgeschiedenen Körper in den meisten Fällen keine anderen Eigenschaften der Bestandtheile oder der gewesenen Verbindung, als die der Schwere an sich, d. h. die Verbindung hat das Gewicht der Bestandtheile zusammengenommen, oder die getrennten Stoffe wiegen so viel wie die Verbindung. Durch diese Eigenschaft wird die irdische Materie als solche vor und nach ihrer Thätigkeit charakterisirt und am deutlichsten von der irdischen Materie unterschieden, da diese bei der Verbindung mit ersterer zwar das specifische, aber nicht das absolute Gewicht ändern kann.

§. 24. Die Wärme ist das Produkt der chemischen Kräfte und muß als solches in sich die Bedingung zur Wiedererweckung und Mittheilung derselben enthalten, was in der That der Fall ist, indem sie die Wirkung der Cohäsionskraft, welche der gegenseitigen Durchbringung verschiedener Stoffe entgegensteht, vermindert.

Der bis zur Feuerentwicklung gesteigerte chemische Proceß heißt der Verbrennungsproceß und ist als das Resultat der bis zum Maximum gesteigerten Reaction der chemischen Kräfte differenter Stoffe, welche sich durchdringen, zu betrachten. Er ist die Quelle von Kräften, woraus von den Menschen fast alle Bedingungen der fortschreitenden Cultur und der größten Unternehmungen entnommen wird. Die Entstehung des Feuers läßt sich dadurch erklären, daß in jeder Materie elektrische und chemische Kräfte vorhanden sind, die bei anscheinender Ruhe durch mechanische Aktion oder durch bereits aus anderen Stoffen in Freiheit gesetzte Wärme erweckt werden können; so wird durch Reiben von Holz, welches verschieden dicht ist, an einander erst Elektricität, durch Anhäufung und Ausgleichung derselben Wärme und durch gesteigerte Wärme Feuer hervorgerufen. Schwefel und Eisen verhalten sich im feinst gepulverten Zustand vermischt indifferent gegen einander, wenn sie trocken sind; bei der Erwärmung wird die Cohäsionskraft des Schwefels vermindert (er geht in den flüssigen Zustand über) und durch die elektrische, der im Eisen enthaltenen entgegengesetzten Kraft so sehr hervorgerufen, daß sie sich beide unter Feuererscheinung ausgleichen, aber eine neue Materie gebildet wird, in welcher weder die physischen Eigenschaften des Schwefels noch die des Eisens mehr erkannt werden können.

§. 25. So wie jeder Körper das Bestreben hat, in der Einheit seiner Masse zu beharren, d. h. mehr oder weniger jeder trennenden Kraft zu widerstehen, eben so äußern die kleinsten Theilchen ein und derselben Materie, sie mag tropfbar-flüssig oder fest sein, sich unter einander zu einem homogenen Ganzen, Aggregat, zu Tropfen oder zu festen Massen zu vereinigen, welche Erscheinung die Cohäsion genannt und als das Resultat einer besondern Kraft der Anziehung, der sog. Cohäsionskraft oder zusammenhäufenden Verwandtschaft betrachtet wird. Von der Kraft derselben hängt die Stärke ab, womit die Massentheilchen der Körper zusammengehalten werden, und sie ist sehr verschieden nach der Natur der Stoffe und dem

Grade der Temperatur, dem sie ausgesetzt werden, indem sie durch Erhöhung geschwächt, durch Erniedrigung der Temperatur verstärkt wird.

Bei den elastisch-flüssigen Stoffen ist die wägbare Materie durch die Verbindung mit Wärme in einen so elastischen Zustand versetzt, daß man alle an ihnen wahrnehmbaren Eigenschaften ohne Annahme einer in ihr wirkenden Cohäsionskraft erklären kann: die tropfbar-flüssigen Stoffe sind Verbindungen wägbarer Materien mit weniger Wärme, so daß zwar die der festen Körper eigene Cohäsion bedeutend vermindert, aber kein bedeutendes Ausdehnungsbestreben hervorgebracht ist.

§. 26. Die Cohäsion der tropfbar-flüssigen Körper zeigt sich durch die Tendenz zur Kugelform, indem das Streben aller einzelnen Theile einer flüssigen Masse, sich wechselseitig so viel wie möglich zu nähern, die Kugelform zum Resultate haben muß, die aber wegen anderer Kräfte, wie der Schwere und Adhäsion, welche ebenfalls auf die flüssige Masse einwirken, niemals vollkommen sein kann; sie zeigt sich ferner dadurch, daß die tropfbar-flüssigen Körper im gewissen Maaße der Schwerkraft widerstehen, indem sie sich, um dieser zu folgen, in kleine Theile zertheilen müssen. Da nun die tropfbaren Flüssigkeiten nach allen Richtungen eine gleiche, aber geringe Cohäsion zeigen, so reicht die geringste Gewalt hin, die einzelnen Massentheilchen zu verschieben, ohne jedoch, wie bei den festen Körpern, eine gleichförmige Fortbewegung der ganzen Masse hervorzurufen.

§. 27. Die Cohäsion der festen Körper äußert sich auf dreierlei Weise, nämlich durch den Widerstand, den sie jeder trennenden mechanischen Gewalt bis auf einen gewissen Punkt leistet, durch die genaue Berührung zweier abgesonderten Massen von gleicher Natur mit einander, und am stärksten durch den ruhigen Uebergang eines flüssigen Körpers in den festen Zustand, wobei sich die Massentheilchen entweder zu formlosen Massen vereinigen, die das Licht nach jeder Richtung einfach brechen, nach jeder Richtung gleich leicht oder gleich schwierig trennbar sind und dann einen muscheligen Bruch zeigen; oder die Massentheilchen vereinigen sich zu geometrisch gestalteten Körpern, den sog. K r y s t a l l e n, welche sich durch glatte Flächen, durch bestimmte, bei derselben Materie und Form unveränderliche Winkel der Ecken und Kanten auszeichnen, so durchsichtig sind, als es die Natur der Materie, aus der sie bestehen, nur zuläßt, meist das Licht nach gewissen Richtungen doppelt brechen und endlich nach gewissen, in geraden Ebenen liegenden Richtungen leichter trennbar oder spaltbar sind, als nach anderen Richtungen. Diese nach bestimmten Gesetzen erfolgende Bildung fester Massen heißt die K r y s t a l l i s a t i o n und hängt vielleicht von einer besonderen polaren Thätigkeit (vergl. §. 14 unter S c h w e i g g e r's krystall-elektrischem System) der starren Materie ab.

Glas bedarf einer gewissen mechanischen Gewalt, um zerbrochen zu werden; vollkommen eben geschliffene Glasplatten hängen bei der Berührung mit einer gewissen Kraft zusammen (vergl. jedoch folg. §); getrennte Glasstücke schmelzen im Feuer zu einer beim Erkalten formlosen und auf dem Bruche muscheligen Masse zusammen. Glas zwischen ausgelaugter Holzasche stark erhitzt und langsam der Abkühlung überlassen, zeigt krystallinische Beschaffenheit. — Krystallisation findet nicht allein bei dem Uebergang der durch Wärme flüssig gemachten festen Stoffe statt, sondern auch und häufiger, so wie regelmäßiger, bei der Ausscheidung derselben aus Lösungsmitteln durch langsame Entziehung derselben mittels des Verdampfens oder mittels eines anderen, zu dem Lösungsmittel Anziehung äußernden Stoffes, z. B. durch Entziehung

des Wassers mit Schwefelsäure, Weingeist u. s. w. Die Krystallisation äußert sich durch verschiedene Körperformen, die in der Krystallographie gelehrt werden.

§. 28. Mechanisch getrennte Theile eines festen Körpers können im Zustand der Starrheit sich nicht wieder so vereinigen, daß ein homogenes Ganzes entsteht, sondern nur wenn ihre Flächen an möglichst vielen Punkten sich berühren, an einander haften, welche Erscheinung die Flächenanziehung oder Adhäsion genannt wird und nicht allein bei der Berührung gleichartiger, sondern auch ungleichartiger Stoffe und selbst zwischen Materien verschiedener Formen stattfindet; diese Vereinigung der Körper zu einem ungleichartigen Ganzen heißt die mechanische Verbindung oder das Gemenge und kann meist durch mechanische Kraft wieder aufgehoben werden.

Viele Erscheinungen und Operationen im täglichen und gewerblichen Leben beruhen auf der Adhäsion; so das Schreiben, Malen, Naßwerden, Bestäuben, Schminken, Parfümiren u. s. w. Ferner das Zusammenhalten vollkommen zersprungener Gläser, des Granits u. s. w., die Spiegelbelegung, die Vergoldung, das Leimen, Löthen, Firnissen u. s. w. sind hieher gehörige Beispiele.

§. 29. Am stärksten äußert sich die Cohäsion zwischen festen und tropfbar-flüssigen Körpern, indem sie hier nicht allein der Schwere, sondern auch der Cohäsion der letzteren entgegenwirkt und die merkwürdige Erscheinung veranlaßt, daß viele flüssige Substanzen an den Wänden verschiedener fester Körper in die Höhe steigen. Da sich dieses Phänomen am auffallendsten in engen Glasröhrchen, sog. Haarröhrchen, zeigt, wenn man diese senkrecht in Wasser taucht, wobei dieses so weit in jenen in die Höhe steigt, bis das Gewicht der Wassersäule mit der Stärke der Adhäsion im Gleichgewicht steht, so nennt man es die Haarröhrchenwirkung, Capillarität, Capillaranziehung.

Die Capillarität zeigt sich bei allen porösen festen Körpern, wie Kohle, Holz, Flachs, Schwamm, Löschpapier, Linnenzeug u. s. w., Sandstein, Zuckerbroden, Kreide, Ackererde und anderen pulverigen Haufwerken, wenn diese mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten in Berührung kommen, wobei sie dieselben nicht allein aufsaugen, sondern auch in die Höhe pumpen, so daß dadurch das Aufsteigen des Oels an dem Lampendocht, der Ursprung von Quellen an höheren isolirten Orten u. s. w. erklärt wird. Enthalten die Flüssigkeiten zugleich fremde Stoffe gelöst, so werden diese von den Poren angezogen und von der Flüssigkeit getrennt, welche Eigenschaft sich z. B. beim Färben der Thier- und Pflanzenfaser, bei der natürlichen und künstlichen Reinigung des Wassers u. s. w. sehr deutlich zeigt.

§. 30. Die Capillaranziehung äußert sich auch bei der Berührung gasförmiger Stoffe mit pulverförmigen Körpern, wobei jene mehr oder weniger verdichtet werden, und mit tropfbar-flüssigen Substanzen, welche letztere um so mehr von den gasförmigen Stoffen aufnehmen, je geringer die Dichtigkeit (der Flüssigkeiten) ist und Gasgemenge partiell zersetzen, indem sie von dem einen Gas mehr aufnehmen als von dem andern, aber in jedem Fall die aufgenommenen Gasarten bei Aufhebung des äußeren Drucks der Luft oder bei Erwärmung wieder entlassen.

Die Capillaranziehung pulverförmiger Körper gegen elastisch-flüssige Stoffe zeigt sich besonders bei der frisch geglühten Holzkohle, indem ein Volumen derselben

90 Vol.	Ammoniakgas	35 Vol.	Kohlensäuregas
85 „	salzsaures Gas	35 „	ölbildendes Gas
65 „	schwefeligsaures Gas	9,42 „	Kohlenoxydgas
55 „	Schwefelwasserstoffgas	9,25 „	Sauerstoffgas
40 „	Stickstoffoxydulgas	7,5 „	Stickstoffgas

und 1,75 Vol. Wasserstoffgas

absorbirt, am stärksten aber bei dem höchst fein zertheilten Platin, dem sog. Platinmohr, der zwischen dem 100= bis 250fachen des Volumens Sauerstoffgas aus der atmosphärischen Luft aufnimmt, so daß dieses bei der letztern Volumenmenge in Kubikzollen ausgedrückt bis auf den Raum von 1/4 Kubikzoll verdichtet oder so zusammengedrückt ist, als wenn es etwa einem Druck von 1000 Atmosphären ausgesetzt wäre; eine minder starke Zersetzung der atmosphärischen Luft findet durch die Capillarität des Wassers oder Weingeistes statt, indem jene, welche aus 5 Vol. Stickstoffgas und 1 Vol. Sauerstoffgas besteht, in dem Verhältniß von 2 Vol. Stickstoffgas und 1 Vol. Sauerstoffgas absorbirt wird.

§. 31. Auch verschiedene tropfbar=flüssige Substanzen zeigen gegen einander ein capillares Verhalten, indem sie sich zu völlig gleichartigen tropfbaren Massen mengen; dasselbe Verhalten zeigen auch viele feste Körper gegen tropfbare Flüssigkeiten, indem sie von denselben aufgenommen und aus dem festen Zustand in den flüssigen übergeführt werden. Geschieht dieses ohne Veränderung der chemischen Constitution der starren Materie, d. h. kann sie nach der Entfernung der Flüssigkeit durch Verdunsten u. s. w. mit den ursprünglichen Eigenschaften begabt wieder hergestellt werden, so nennt man diese Erscheinung und das Resultat derselben die Lösung und die Flüssigkeit, welche die Formveränderung bedingt, das Lösungsmittel. Eigentlich ist aber die den besondern Zustand der Flüssigkeiten bedingende Wärme das Lösungsmittel der starren Substanzen, weßhalb diese fast durchgehends in größerer Menge von irgend einem flüssigen Körper gelöst werden, wenn diesem mehr Wärme zugeführt, d. h. er künstlich erwärmt worden ist.

Wasser und Weingeist, ätherische Oele und Weingeist durchdringen sich zu einem gleichartigen Ganzen, lassen sich aber auch schon durch Verdunstung wieder trennen, indem der eine oder der andere flüssige Körper durch Zuführung von Wärme leichter in den dunstförmigen Zustand übergeführt wird. Salze, Zucker, Harze u. s. w. lösen sich in Wasser, Weingeist oder verschiedenen anderen Flüssigkeiten; die Lösungen geben aber beim Abkühlen, Verdampfen und Concentriren die aufgelösten Stoffe mit den ursprünglichen Eigenschaften wieder und unterscheiden sich hierin von den sog. Auflösungen, wobei durch einen in Thätigkeit gekommenen chemischen Proceß die Natur des aufgelösten Stoffes völlig verändert worden ist.

§. 32. Die Adhäsion der elastisch=flüssigen Körper, der Gasarten und Dünste, unter sich unterscheidet sich von den übrigen Arten der Adhäsion dadurch, daß die adhärirenden Körper nicht sichtbar sind und durch mechanische Kräfte nicht getrennt werden können. Schichtet man in Flaschen Wasserstoffgas und Kohlensäuregas so über einander, daß das Wasserstoffgas oben, das 22mal schwerere Kohlensäuregas unten befindlich ist, und beide nur durch eine enge Röhre in Verbindung stehen, so mengen sich beide Luftarten nach einiger Zeit ganz gleichförmig; man nennt diese Erscheinung die Diffusion der Gasarten, welche nur auf chemischem Wege aufgehoben, d. h. der eine oder andere Bestandtheil durch einen Körper, zu dem er Affinität hat, weggenommen werden kann.

Die Diffusion ist der Grund, warum nicht vollkommen luftdicht eingeschlossene Gasarten sich nach einiger Zeit mit atmosphärischer Luft verunreinigt zeigen. Vielleicht hängt mit der Diffusion der Gasarten die Erscheinung zusammen, daß Wasserstoffgas unter rissigen Glocken oder in Gläsern mit gut eingeriebenen Glasstöpseln aufbewahrt nach und nach entweicht.

§. 33. Verschiedene unlösliche feste Substanzen haben im feingepulverten Zustand die Eigenschaft, durch eine Flüssigkeit zerstreut sich längere Zeit vermöge der Adhäsion zwischen dem festen und flüssigen Körper aufgeschwemmt oder suspendirt zu erhalten und erst nach längerer oder kürzerer Zeit abzusetzen. Auf der Absonderung des suspendirten Körpers von der Flüssigkeit beruhen einige wichtige Operationen der praktischen Chemie, nämlich das Absetzen oder Abgießen durch ruhiges Hinstellen und Abgießen der Flüssigkeit vom Bodensatz oder Abheben mittels eines Hebers, das Schönen oder Clarificiren durch Zusatz eines dritten Körpers, welcher die zu leichten Körper einhüllt und dann mit niederschlägt, und das Durchseihen oder Filtriren durch Hindurchgießen der aufgeschwemmten Flüssigkeit durch einen Körper (Leinwand, Filtrirpapier u. s. w.), welcher noch Adhäsion gegen den suspendirten Körper zeigt und ihn deßhalb zurückhält.

II. Von der chemischen Anziehung und den Gesetzen der chemischen Verbindung und Zersetzung.

§. 34. Die Kraft, welche man als Ursache der gegenseitigen Durchdringung verschiedener Arten der Materie, d. h. als Ursache des chemischen Processes betrachtet, wird die chemische Anziehung, chemische Verwandtschaft oder Affinität, der Akt oder das Produkt dieser Durchdringung, die chemische Verbindung oder Mischung, in dem Falle aber Auflösung genannt, wenn das Produkt flüssig ist. Die in chemischer Verbindung befindlichen verschiedenen Stoffe heißen die Bestandtheile.

Die Auflösung unterscheidet sich von der Lösung (vergl. §. 31) hinreichend dadurch, daß der aufgelöste Körper bei der Ueberführung in dem festen Zustand ganz andere Eigenschaften besitzt, als zuvor.

§. 35. Die Affinität ist, wie die Cohäsion und Adhäsion, eine Anziehung zwischen den kleinsten Theilen ungleichartiger Körper bei der genausten Berührung, unterscheidet sich aber von jeder andern Art der Anziehung 1) in den Bedingungen, unter welchen sie stattfindet, 2) in den Erscheinungen, die dabei auftreten, und 3) in dem Erfolg, welcher aus ihr hervorgeht.

Das Produkt der chemischen Durchdringung unterscheidet sich von den durch Cohäsion oder Adhäsion bedingten Vereinigungen, die mitunter scheinbar auch etwas Neues bilden, dadurch noch, daß es einer mechanischen Trennung in seine Bestandtheile nicht fähig ist, und es diese immer nur in bestimmten Verhältnissen enthält (z. B. Eisen und Schwefel mit einander vermischt, lassen sich durch Schlemmen mit Wasser wieder trennen; nach der chemischen Durchdringung beider Stoffe läßt sich die entstandene Verbindung durch kein mechanisches Mittel trennen und in ihr sind die Gewichtsverhältnisse von Eisen zu Schwefel immer wie 28 : 16 enthalten, worüber ein Weiteres unten).

§. 36. Die Bedingungen, unter welchen die chemische Verbindung erfolgt, bestehen 1) in dem Dasein verschiedener Stoffe von differenter chemischer Beschaffenheit, 2) in der unmittelbaren Berührung der Stoffe,

welche auf einander wirken sollen, und 3) in der Beweglichkeit der differenten Stoffe, d. h. sie müssen, oder doch einer derselben, tropfbar= oder elastisch=flüssig sein oder in diesen Zustand übergeführt werden.

In ihrer chemischen Beschaffenheit sich ähnliche Körper sind in der Regel wenig geneigt, chemische Verbindungen einzugehen, sondern durchdringen sich nur mechanisch oder treten ohne auffallende Erscheinung und Veränderung ihrer Eigenschaften in die chemische Verbindung (so die sog. Metalllegirungen, die zwar zum Theil als chemische Verbindungen betrachtet werden können, aber immer ihre metallischen Eigenschaften besitzen). In der Ferne äußert sich keine chemische Anziehung (vielleicht mit Ausnahme des Goldes zum Quecksilber, wenn nicht die bei den niedrigsten Temperaturgraden mögliche Verdampfung des Letzteren die Ursache der Amalgamirung des ersteren ist), sondern die Stoffe müssen in unmittelbarer Berührung stehen, wie z. B. eine Lösung von einem kohlensauren Alkali und eine Säure nicht auf einander wirken, wenn sie durch irgend einen andern flüssigen zur chemischen Thätigkeit nicht weiter geneigten Körper, wie durch eine Kochsalzlösung, von einander geschieden, d. h. so in einer Flasche vorsichtig über einander geschichtet sind, daß die schwerere Lösung des kohlensauren Kalis unten befindlich, über dieser die leichtere Kochsalzlösung, und über dieser die noch leichtere Säurelösung geschichtet ist. Bringt man hingegen durch Umrühren die Säure mit der Lösung des kohlensauren Kalis in Berührung, so wirken auch beide Stoffe chemisch auf einander, was sich durch die Entwicklung von Kohlensäure kund gibt. Aber auch die unmittelbare Berührung allein ist nicht immer im Stand, eine vollkommene chemische Verbindung einzuleiten, vielmehr müssen die auf einander wirkenden Stoffe in einen beweglichen, d. h. tropfbar= oder elastisch=flüssigen Zustand gesetzt sein, was entweder durch die lösende Kraft tropfbar=flüssiger Substanzen, wie Wasser u. s. w., oder durch die Wärme herbeigeführt wird; feste Körper berühren sich nämlich wegen der Unbeweglichkeit ihrer Theile nur an sehr wenigen Punkten unmittelbar und die an denselben sich bilden mögende dünne Schicht der Verbindung hindert jede weitere Berührung, wenn nicht durch anhaltendes Reiben die Berührungspunkte erneuert werden, wo sich dann mitunter vollständige chemische Verbindungen bilden, wie z. B. beim anhaltenden Reiben von Kupferfeile und Schwefel, wo aber die durchs Reiben hervorgerufene Wärme der Grund der chemischen Verbindung sein kann. Gewöhnlich muß aber durch die Wärme oder die lösende Kraft einer Flüssigkeit die Beweglichkeit der gegen einander in chemische Thätigkeit zu setzenden Massen oder eines derselben hervorgerufen werden, wo dann die gegenseitige Durchdringung mit großer Energie stattfindet, wie z. B. beim Erhitzen eines Gemenges von Kupfer und Schwefel, wo dieser durch die Thätigkeit der Wärme flüssig, jenes porös gemacht wird, oder bei der Berührung von Weinsteinsäure und kohlensaurem Natron, die im vollkommen trocknen Zustand und auf's Innigste vermengt nicht auf einander wirken, bei der Lösung im Wasser aber sogleich in chemische Wechselwirkung treten.

Anmerk. In einigen Fällen finden auch andere Bedingungen zur chemischen Verbindung statt: 1) Eine höhere Temperatur, selbst wenn einer oder beide der auf einander wirkenden Stoffe flüssig sind; so wirkt Schwefel auf Kohle erst dann, wenn jener dampfförmig und diese glühend ist; Kohle verbrennt nur dann im Sauerstoffgas, wenn sie bereits bis zum Glühen erhitzt; Sauerstoff und Wasserstoff verbinden

sich ohne Mitwirkung anderer Agentien erst in der Glühhitze. 2) Die Einwirkung des Lichtes, wie sie sich z. B. auf ein Gemische von Chlorgas und Wasserstoffgas oder Kohlenoxydgas äußert, die im Dunkeln nicht auf einander wirken; ferner die Bildung des Herschel'schen Platinsalzes aus einem Gemisch von Platinchlorid mit überschüssigem Kalkwasser. 3) Die Elektricität, indem sie sowohl durch Temperaturerhöhung, als auch durch Compression, die der Funke auf ein Gasgemische (z. B. aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas) ausübt, wirkt. 4) Starke Compression ist auch mitunter Ursache chemischer Verbindung, wie z. B. Sauerstoffgas und Wasserstoffgas beim raschen Zusammenpressen zu Wasser zusammentreten, chlorsaures Kali und Goldschwefel beim Schlagen verpuffen. 5) Die Ausdehnung gasförmiger Stoffe macht sie in wenigen Fällen zur Verbindung geneigter, z. B. der Phosphor verbrennt langsam bei einer um so niedrigern Temperatur, je stärker das Sauerstoffgas ausgedehnt ist und nicht entzündliches Phosphorwasserstoffgas mit Sauerstoffgas vermengt verpufft bei der Ausdehnung. 6) Die Gegenwart eines dritten Körpers mit großer Oberfläche bedingt entweder bei gewöhnlicher oder in wenig erhöhter Temperatur die Verbindung des Sauerstoffs mit brennbaren Gasen und Dämpfen, die sonst nur in höherer Temperatur stattfindet; in dieser Beziehung zeichnet sich besonders das Platin und Irid aus, Wasserstoff und Sauerstoff zur chemischen Verbindung zu bringen. 7) Die chemische Mitwirkung anderer wägbarer Stoffe, die sich auf zweierlei Weise kund gibt, nämlich a) daß der eine oder beide zu verbindenden Stoffe bereits in einer andern Verbindung befindlich sind, die weniger elastisch oder cohärent als der Stoff für sich ist, wo er dann im Moment des Freiwerdens in die neue Verbindung übergeht; z. B. Stickstoff und Wasserstoff lassen sich weder durch Erhitzung noch durch die Elektricität zu Ammoniak vermengen, kommt aber Stickstoffoxydgas und Wasser mit Zinkfeile in Berührung, so nimmt diese aus beiden Verbindungen den Sauerstoff auf und der Stickstoff und Wasserstoff verbinden sich im Moment ihres Freiwerdens zu Ammoniak; oder Jod verbindet sich unmittelbar nicht mit Sauerstoff, während es bei der Behandlung mit Salpetersäure diese theilweise zersetzt und in Jodsäure verwandelt wird u. s. w., und b) durch die Mittheilung der chemischen Thätigkeit, indem ein im Akte der chemischen Verbindung begriffener Körper die Fähigkeit besitzt, in einem anderen mit ihm in Berührung stehenden dieselbe Fähigkeit hervorzurufen, so daß er mit einem dritten Körper in Verbindung tritt; dieses zeigt sich z. B. bei der Entzündung des mit Stickstoff- und Sauerstoffgas vermengten Wasserstoffgases durch den elektrischen Funken, wo sich nicht allein Wasser, sondern auch Salpetersäure bildet, während reines Stickstoff- und Sauerstoffgas nicht zur chemischen Verbindung gebracht werden können.

§. 37. Sind die im vorigen §. angegebenen Bedingungen der chemischen Anziehung gegeben, so tritt die chemische Verbindung in den meisten Fällen plötzlich und gewöhnlich unter Wärme- oder Feuerentwicklung ein und die differenten Stoffe vereinigen sich so, daß die meisten der in die Sinne fallenden Eigenschaften derselben verschwinden und eine neue Materie entsteht, die entweder wiederum geneigt ist, sich mit einem differenten Körper zu verbinden, oder von indifferenter d. h. neutraler, nicht zur Fortsetzung chemischer Thätigkeit geneigter Natur ist.

Blei wird durch Erhitzen an der Luft in Bleioxyd, dieses durch weiteres

Erhitzen mit Luft in einem verschlossenen Raum und Abkühlen in Bleisuperoxyd verwandelt; Phosphor verbrennt in erhitztem Zustand mit atmosphärischer Luft in Berührung unter blendender Luftentwicklung zu Phosphorsäure. Das Bleioxyd kann sich mit der Phosphorsäure verbinden, aber nicht das Bleisuperoxyd als solches, indem es erst durch Abgabe von Sauerstoff in Bleioxyd zurückgeführt werden muß.

§. 38. Im Allgemeinen findet eine chemische Durchdringung nur zwischen einfachen und einfachen, und zwischen zusammengesetzten und zusammengesetzten Körpern statt; verbindet sich aber ein einfacher Körper mit einem zusammengesetzten, so verhält sich letzterer in den meisten Fällen gegen alle übrigen einfachen Körper wie ein einfacher, d. h. er verbindet sich mit denselben unter den §§. 36 und 37 angegebenen Bedingungen, Erscheinungen und Erfolgen; derartige Körper werden zusammengesetzte Radikale genannt.

Bleioxyd verbindet sich nicht mit Phosphor, wohl aber mit der zusammengesetzten Phosphorsäure, Blei für sich auch mit Phosphor. Das aus Kohlenstoff und Stickstoff bestehende Cyan verbindet sich mit Blei und den meisten übrigen einfachen Stoffen und bildet mit ihnen Verbindungen, die durchgehends den Oxyden, Chloriden u. s. w. entsprechen.

§. 39. Die Verbindungen zweier einfachen Körper heißen Verbindungen der ersten Ordnung; diese sind größtentheils wiederum unter einander der chemischen Vereinigung fähig und bilden dann die Verbindungen der zweiten Ordnung, welche sich wiederum theils unter einander, theils mit Verbindungen der ersten Ordnung vereinigen können und so Verbindungen höherer Ordnungen darstellen. Je verwickelter aber die Zusammensetzung der Verbindungen wird, je mehr also das Verbindungsbestreben der darin enthaltenen einfachen Stoffe Befriedigung erlangt hat, um so mehr nimmt das Bestreben zur weiteren Verbindung ab und die chemische Thätigkeit erreicht hiemit den Ruhepunkt.

Zu den Verbindungen der ersten Ordnung gehören alle unorganischen Salzbasen, Säuren, Chloride u. s. w., zu denen der zweiten Ordnung namentlich die Sauerstoff-, Chlor-, Schwefel- u. s. w. Salze, zu der dritten Ordnung der aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Thonerde bestehende Alaun. Bei den Verbindungen der zweiten Ordnung unterscheidet man auch nähere und entferntere, bei denen der dritten Ordnung nähere, entferntere und entfernteste Bestandtheile; im schwefelsauren Kali sind Schwefelsäure und Kali die näheren und, da die Schwefelsäüre aus Schwefel und Sauerstoff, das Kali aus Kalium und Sauerstoff besteht, Schwefel, Kalium und Sauerstoff die entfernteren, Bestandtheile; im Alaun sind schwefelsaures Kali und schwefelsaure Alaunerde die näheren, Schwefelsäure, Kali und Alaunerde die entfernteren und Schwefel, Kalium, Alaunerdemetall und Sauerstoff die entferntesten Bestandtheile.

§. 40. Jeder einfache Körper ist der chemischen Verbindung mit anderen fähig, aber meist nicht mit allen, und zeigt zu den verschiedenen anderen einfachen Körpern ein verschiedenes Verbindungsbestreben. Durch letzteres wird die chemische Verbindung und Trennung bestimmt, indem ein Körper aus einer Verbindung zweier anderer den einen anzieht und der zweite abgeschieden wird. Eine chemische Abstoßungskraft gibt es jedoch nicht, da die chemische Trennung nur durch die Verschiedenheit im Grade der Anziehung einzelner Körper bewerkstelligt wird. Die Erscheinungen, welche sich durch das verschiedene Verbindungsbestreben der Körper sichtbar

machen und wobei eine chemische Verbindung und Abscheidung stattfindet, schreibt man der Wahlverwandtschaft zu.

Calcium zeigt ein sehr großes Bestreben, sich mit Sauerstoff, ein noch größeres aber, sich mit Chlor zu verbinden, denn wird die Verbindung des Calciums mit Sauerstoff, die Kalkerde, im erhitzten Zustand mit Chlor in Berührung gebracht, so bildet sich Chlorcalcium, während Sauerstoff abgeschieden wird.

§. 41. Man hat insbesondere drei Fälle der Wahlverwandtschaft zu unterscheiden:

1) Einfache Wahlverwandtschaft findet da statt, wo die Verbindung zweier Körper durch das Hinzukommen eines dritten in der Art aufgehoben wird, daß der hinzukommende Körper sich mit einem der vorher verbundenen vereinigt und der andere aus seiner Verbindung abgeschieden wird, wie z. B. bei dem im vorigen §. angeführten Fall oder bei der Zersetzung des weinsteinsauren Kalks durch Schwefelsäure, wo sich vermöge des größeren Verbindungsbestrebens der Schwefelsäure zum Kalk diese beiden verbinden, die Weinsteinsäure aber abgeschieden wird.

2) Doppelte Wahlverwandtschaft findet in den Fällen statt, wo zwei bereits in anderweiter Verbindung befindliche Körper sich bei der Berührung anziehen und die mit ihnen verbunden gewesenen Stoffe ebenfalls zu einer neuen Verbindung zusammentreten. Man nennt diese Erscheinung auch die verwickelte oder zusammengesetzte chemische Anziehung; sie zeigt sich z. B. bei der Berührung des kohlensauren Kalis mit salpetersaurem Kalk, wobei sich die näheren Bestandtheile beider Verbindungen in der Art austauschen, daß salpetersaures Kali und kohlensaurer Kalk entstehen.

3) Prädisponirende Verwandtschaft findet da statt, wo ein Körper den Bestandtheil einer Verbindung nur durch Vermittlung eines dritten hinzukommenden Körpers anziehen kann, so daß der andere Bestandtheil jener Verbindung abgeschieden wird; so z. B. ist das Zink für sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht im Stand, dem aus Sauerstoff und Wasserstoff bestehenden Wasser den Sauerstoff zu entziehen; kommt aber Schwefelsäure in Berührung mit Zink und Wasser, so wird durch das Bestreben der Schwefelsäure, sich mit einem basischen Körper zu verbinden, die Anziehungskraft des Zinks zum Sauerstoff so gesteigert, daß es denselben aus dem Wasser aufnimmt und eine entsprechende Menge Wasserstoff abgeschieden wird.

Durch die Wahlverwandtschaft oder das verschiedene chemische Verhalten der verschiedenen Stoffe gegen einander ist es möglich gemacht, die so mannichfaltigen zusammengesetzten Körper unseres Planeten in ihre Bestandtheile zu zerlegen oder der chemischen Analyse zu unterwerfen.

Anmerkung. Außer den oben angeführten Fällen der Verwandtschaft kommen noch einige andere, aber seltener vor. 1) Die Verbindung zweier Körper zersetzt sich beim Hinzukommen eines einfachen Körpers in zwei neue Verbindungen; so z. B. entsteht bei der Einwirkung von Chlor auf Schwefelantimon Chlorschwefel und Schwefelantimon. 2) Zwei Verbindungen zersetzen sich bei der Berührung in der Weise, daß sich zwei Körper zu einer neuen Verbindung vereinigen, aber aus jeder der ursprünglichen Verbindungen ein Stoff abgeschieden wird, so z. B. bei der Vermischung der wässerigen Lösungen von

kohlensaurem Kali und schwefelsaurer Alaunerde, wo sich schwefelsaures Kali bildet, und Alaunerde als solche abgeschieden, Kohlensäure aber gasförmig entwickelt wird. 3) Eine Verbindung zweier Körper mit zwei anderen, unverbundenen Stoffen in Berührung gesetzt, wird in der Weise zerlegt, daß jeder ihrer Bestandtheile nun mit einem der beiden anderen Stoffe in Verbindung tritt, wie z. B. die aus Kiesel und Sauerstoff bestehende Kieselerde mit Kohle vereinigt und im glühenden Zustand mit Chlorgas in Berührung gesetzt Chlorkiesel und Kohlenoxyd gibt. 4) Verbindungen zweier Körper mit einem dritten entlassen an einem vierten den ganzen dritten und scheiden sich entweder jeder für sich oder verbunden ab; so z. B. gibt das Kalihydrat, bestehend aus Kali und Wasser, beim Erhitzen mit Eisen an dieses sowohl den Sauerstoff des Kalis als auch den des Wassers ab, und Wasserstoff und Kalium werden frei; salpetersaures Kali und Kalihydrat mit Eisen vermengt gibt Eisenoxyd und Ammoniak, indem der Wasserstoff aus dem Kalihydrat mit dem Stickstoff der Salpetersäure zusammentritt. 5) Eine aus drei Stoffen bestehende Verbindung gibt mit einer anderen, ebenfalls aus drei Stoffen bestehenden drei neue Verbindungen; so z. B. das aus Stickstoff, Wasserstoff und Schwefel bestehende Schwefelammonium gibt mit dem aus Blei, Sauerstoff und Stickstoff bestehenden salpetersauren Bleioxyd Schwefelblei, Wasser und salpetersaures Ammoniumoxyd.

§. 42. Die Erscheinungen der Wahlverwandtschaft bleiben unter gleichen Umständen immer dieselben, sind sich aber unter veränderten Umständen häufig ganz entgegengesetzt, wo sie dann die wechselseitigen Verwandtschaften oder reciproken Affinitäten heißen; sie sind dann bedingt 1) durch die relative Menge der auf einander wirkenden Stoffe, 2) durch die prädisponirende Affinität des Lösungsmittels und 3) durch die Wärme. Ein Ueberschuß eines der auf einander wirkenden Stoffe kann einen entgegengesetzten Erfolg herbeiführen entweder durch Adhäsion, wie z. B. beim Leiten von Wasserdämpfen über erhitztes Eisen dieses oxydirt und Wasserstoff entwickelt, beim Leiten von Wasserstoffgas über Eisenoxyd aber dieses reducirt und Wasser gebildet wird, oder durch Affinität, wie z. B. die schwefelsauren Alkalien beim Vermischen mit dem halben Aequivalent Salpetersäure und freiwilligen Verdunsten salpetersaure Alkalien krystallisiren lassen und in der Mutterlauge saure schwefelsaure Alkalien geben, beim Vermischen der salpetersauren Alkalien mit dem doppelten Aequivalent Schwefelsäure und Verdunsten aber die ganze Salpetersäure entweicht und saure schwefelsaure Salze hinterbleiben. Die prädisponirende Verwandtschaft des Lösungsmittels führt in manchen Fällen einen entgegengesetzten Erfolg herbei; so z. B. löst die wasserhaltige Essigsäure das kohlensaure Kali unter Freiwerden von Kohlensäure auf, während eine Lösung von trocknem essigsaurem Kali in Weingeist beim Einleiten von Kohlensäuregas fast alles Kali als kohlensaures Kali fallen läßt. Der entgegengesetzte Erfolg durch den Einfluß von Wärme zeigt sich auf zweierlei Weise, indem entweder bei höheren Graden die Affinität der Wärme zu dem Stoffe, welcher am meisten geneigt ist, mit derselben eine elastisch-flüssige Verbindung zu bilden, mit in's Spiel kommt, den Erfolg entscheidet und sie hier gleichsam als eine vierte Materie wirkt; so z. B. gibt Mangansuperoxyd bei gewöhnlicher oder wenig erhöhter Temperatur an Chlorwasserstoffsäure seinen halben Sauerstoff ab, Wasser bildend und Chlor

entwickelnd, während in der Glühhitze (auch durch den Einfluß des Lichtes) das Chlor das Wasser zersetzt und unter Freiwerden von Sauerstoff Chlorwasserstoffsäure gebildet wird: oder die Wärme verändert die Cohäsion (vielleicht auch die Affinität) der Stoffe, so daß sie in der Kälte und Wärme in einem verschiedenen Grade zu- und abnimmt; so z. B. gibt eine Auflösung von Chlornatrium und schwefelsaurer Magnesia bei gewöhnlicher oder etwas höherer Temperatur verdunstet immer die ursprünglichen Salze, während bei 0° und in noch niedrigerer Temperatur schwefelsaures Natron auskrystallisirt und Chlormagnesium in der Mutterlauge bleibt.

§. 43. Eine Anzahl chemischer Erscheinungen lassen sich nicht nach den bis jetzt erläuterten Erfahrungssätzen erklären; es verbinden sich nämlich entweder zwei Stoffe unter Mithülfe eines dritten, oder es zerlegt sich eine Verbindung zweier Stoffe beim Hinzukommen eines dritten, ohne daß dieser selbst in die chemische Verbindung eintritt; man nennt diese Erscheinungen die Contacterscheinungen und betrachtet sie als Folge einer Kraft, welche die katalytische Kraft genannt wird.

Wasserstoff und Sauerstoff verbinden sich zu Wasser, wenn fein zertheiltes Platin mit ihnen in Berührung ist, ohne dieses zu verändern; Stärkmehl nimmt beim Kochen mit wasserhaltiger Schwefelsäure die Wasserelemente auf und verwandelt sie in Traubenzucker, ohne daß die Schwefelsäure verändert wird. Weingeist und Sauerstoff treten zu Essigsäure und Wasser zusammen, wenn sie in Berührung mit Platinmohr stehen; in Wasser gelöster Zucker zerfällt bei der Berührung mit Ferment in Weingeist und Kohlensäure u. s. w.

§. 44. Bei allen chemischen Verbindungen hat es sich als Erfahrungsgesetz herausgestellt, daß deren Bestandtheile nur in einem bestimmten Verhältnisse zur Bildung derselben zusammentreten können, ein gegebener Ueberschuß des einen Bestandtheils aber ungebunden bleibt. Dieses unumstößliche Merkmal einer chemischen Verbindung steht im genauesten Zusammenhang mit den Erscheinungen der Wahlverwandtschaft, denn es ist Thatsache, daß bei der Zersetzung zweier zusammengesetzter Körper durch doppelte Wahlverwandtschaft jeder der ausgetauschten Bestandtheile gerade hinreichend ist, um mit den der anderen Verbindung sich vollständig zu vereinigen und, wenn zwei solcher Verbindungen neutral sind, daß die Produkte nach stattgefundener Wechselwirkung auch neutral sind.

Wasserstoff und Sauerstoff verbinden sich immer in dem Gewichtsverhältniß von 1:8; ein Ueberschuß des einen oder des andern, die Verbindung mag auf die eine oder andere Weise eingeleitet sein, wird nicht aufgenommen; Chlor und Schwefel verbinden sich im Verhältniß von 35,4 : 16, Wasser und Chlorschwefel zersetzen sich gegenseitig so, daß 8 Sauerstoff mit 16 Schwefel zu unterschwefeliger Säure und 1 Wasserstoff mit 35,4 Chlor zu Chlorwasserstoffsäure zusammentreten. Schwefelsaures Kali und salpetersaurer Kalk, beide neutral, geben nach der Zersetzung schwefelsauren Kalk und salpetersaures Kali, die ebenfalls wieder neutral sind, d. h. es ist in keinem der neugebildeten Salze ein Ueberschuß von Basis oder Säure enthalten.

§. 45. Hieraus geht hervor, daß die Gewichtsmengen, in denen sich die Körper mit einander verbinden, in einem gewissen Zahlenverhältnisse zu einander stehen und daß in einer Verbindung die Gewichtsmenge eines Körpers durch eine bestimmte Gewichtsmenge anderer Körper vertreten werden, die Gewichtsmengen aber, welche sich vertreten können, zugleich das

Verhältniß angeben, in welchem sich die sich vertretenden Körper selbst wieder unter einander verbinden können.

Im Wasser ist Sauerstoff und Wasserstoff im Verhältniß von 8 : 1, im Chlorschwefel Chlor und Schwefel im Verhältniß von 35,4 : 16 enthalten; da nun nach dem Beispiel im vorigen §. bei der Berührung beider Verbindungen Zersetzung in Chlorwasserstoffsäure und schwefelige Säure stattfindet, so geht hieraus hervor, daß 1 Wasserstoff im Wasser durch 16 Schwefel und 8 Sauerstoff durch 35,4 Chlor vertreten werden können und die Gewichtsverhältnisse, in welchen sich Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel und Chlor in ihren verschiedenen Verbindungen vertreten lassen, durch die Zahlen 1, 8, 16 und 35,4 ausgedrückt werden.

§. 46. Die Ermittlung und Lehre von den Gewichtsverhältnissen, in welchen sich die Stoffe unter einander verbinden, ist Gegenstand der chemischen Meßkunst oder Stöchiometrie; sie wird auch Proportionslehre oder Lehre von den chemischen Aequivalenten, die Gewichtsverhältnisse aber Aequivalente oder Mischungsgewichte (Atome) und die Zahlenausdrücke hierfür die Verhältnißzahlen oder stöchiometrischen Zahlen genannt.

Diese Zahlen drücken das wechselseitige Sättigungsverhältniß der Stoffe unter einander aus, denn so verschieden jene auch sind, so bleibt doch das Sättigungsverhältniß eines Stoffes gegen alle übrige sich gleich; hat man z. B. für den Sauerstoff die Verhältnisse ermittelt, in denen sich derselbe mit allen übrigen einfachen Stoffen verbindet, so hat man in den hiervon abgeleiteten Zahlen zugleich die Verhältnisse, in denen sich diese Elemente unter einander verbinden und hiernach auch die Gewichtsverhältnisse, in denen sie sich unter einander vertreten können.

§. 47. Bei der Aufstellung der Verhältnißzahlen wird entweder derjenige Stoff, welcher die größte Sättigungscapacität besitzt, d. h. sich in der kleinsten Menge mit den übrigen Stoffen verbindet, der Wasserstoff, oder derjenige Stoff, der sich (mit Ausnahme des Fluors) mit allen übrigen Stoffen verbindet, der Sauerstoff, als Einheit angenommen, wonach man folgende Reihe erhält.

Namen.	Aequivalente.		Atomengewichte.	
	Wasserstoff. = 1,00	Sauerstoff. = 100,00	Wasserstoff = 1,00	Sauerstoff = 100,00
Alumium	13,716	171,167	27,432	171,167.
Antimon	129,243	1612,904	129,243	806,452.
Arsen	75,329	940,084	75,329	470,042.
Baryum	68,640	858,010	137,280	858,010.
Beryll	6,968	87,100	13,936	87,100.
Blei	103,571	1294,645	207,142	1294,645.
Bor	10,914	136,204	21,828	136,204.
Brom	80,000	969,300	80,000	499,650.
Cadmium	55,833	696,767	111,665	696,767.
Calcium	20,000	250,000	40,000	250,000.
Cer	46,051	574,796	92,102	574,796.
Chlor	35,463	443,280	35,463	221,640.
Chrom	26,271	328,300	52,542	328,300.
Didym	?	?	?	?

Namen.	Aequivalente.		Atomengewichte.	
	Wasserstoff = 1,00	Sauerstoff = 100,00	Wasserstoff = 1,00	Sauerstoff = 100,00
Eisen	28,000	350,000	56,000	350,000.
Erd	?	?	?	?
Fluor	18,834	235,435	18,834	117,718.
Gold	196,665	2458,330	393,330	2458,330.
Jod	126,845	1565,570	126,845	782,785.
Irid	98,841	1233,499	197,682	1233,499.
Kalium	39,115	488,940	78,230	488,940.
Kobalt	29,568	368,991	59,135	368,991.
Kohlenstoff	6,000	75,000	12,000	75,000.
Kupfer	31,728	396,633	63,456	396,633.
Lanthan	37,150	451,879	74,300	451,879.
Lithium	6,440	80,375	12,881	80,375.
Magnesium	12,651	158,140	25,302	158,140.
Mangan	27,716	345,887	55,432	345,887.
Molybdän	47,960	598,520	95,920	598,520.
Natrium	22,973	287,170	45,946	287,170.
Nickel	29,622	369,675	59,245	369,675.
Niobium	?	?	?	?
Osmium	99,722	1244,487	199,444	1244,478.
Pallad	53,359	665,899	106,718	665,899.
Pelop	?	?	?	?
Phosphor	31,436	392,286	31,436	196,143.
Platin	98,841	1233,499	197,682	1233,499.
Quecksilber	100,000	1250,000	200,000	1250,000.
Rhodium	52,196	651,387	104,392	651,387.
Ruthenium	?	?	?	?
Sauerstoff	8,000	100,000	16,000	100,000.
Schwefel	16,000	200,000	32,000	200,000.
Selen	39,631	494,582	79,263	494,582.
Silber	108,000	1350,000	216,000	1350,000.
Silicium	22,221	277,312	44,442	277,312.
Stickstoff	14,000	175,000	14,000	87,500.
Strontium	43,841	548,020	87,682	548,020.
Tantal	92,448	1153,715	184,896	1153,715.
Tellur	64,250	801,760	128,500	801,760.
Terb	?	?	?	?
Thorium	59,646	744,910	119,292	744,910.
Titan	24,332	303,662	48,664	303,662.
Uran	60,000	750,000	120,000	750,000.
Vanad	68,578	855,846	137,157	855,846.
Wasserstoff	1,000	12,500	1,000	6,250.
Wismuth	106,600	1330,377	213,200	1330,377.
Wolfram	94,795	1183,000	189,590	1183,000.
Yttrium	32,254	402,514	64,508	402,514.
Zink	32,528	406,600	65,056	406,600.
Zinn	58,920	735,296	117,840	735,296.
Zirkon	33,670	420,201	67,340	420,201.

Ueber die Verschiedenheit der Zahlen in der Aequivalenten- und in der Atomenreihe vergl. man §. 55.

§. 48. Sehr viele einfache Stoffe verbinden sich in mehr als einem Gewichtsverhältniß mit anderen Körpern, in welchen Fällen das zweite, dritte u. s. w. Verhältniß entweder ein Multiplum oder aliquoter Theil des ersten Verhältnisses ist, oder in einem einfachen Bruchverhältniß steht. Die entstehenden Verbindungen werden in der Zeichensprache durch Nebeneinanderstellung ihrer chemischen Symbole (vergl. §. 3) und die höheren Verbindungsverhältnisse durch Beisetzung der Anzahl von Aequivalenten ausgedrückt, wobei man, wenn Bruchtheile vorkommen, durch die Untheilbarkeit der angenommenen Atome bestimmt, den Bruchtheil durch Multiplikation des Aequivalentes des anderen Bestandtheils der Verbindung aufhebt.

14 Th. Stickstoff + 8 Th. Sauerstoff geben NO
14 „ „ $+ 2 \times 8 = 16$ Th. Sauerstoff „ NO_2
14 „ „ $+ 3 \times 8 = 24$ „ „ „ NO_3
14 „ „ $+ 4 \times 8 = 32$ „ „ „ NO_4
14 „ „ $+ 5 \times 8 = 40$ „ „ „ NO_5

oder

27,7 Th. Mangan + 8 Th. Sauerstoff geben MnO
27,7 „ „ $+ 1{,}5 \times 8 = 12$ Th. Sauerstoff „ $MnO_{1,5}$ oder Mn_2O_3
27,7 „ „ $+ 2 \times 8 = 16$ „ „ „ MnO_2
27,7 „ „ $+ 3 \times 8 = 24$ „ „ „ MnO_3
27,7 „ „ $+ 3{,}5 \times 8 = 28$ „ „ „ $MnO_{3,5}$ oder Mn_2O_7.

Anmerk. Von mehreren Chemikern wird bei der chemischen Bezeichnung der Verbindungen des Sauerstoffes und des Schwefels, als der häufigsten, das Sauerstoffzeichen durch einen oder mehrere übergesetzte Punkte, das Schwefelzeichen durch schiefe Striche und das Doppelatom eines Elementes durch einen seine Buchstabenbezeichnung durchschneidenden Strich ausgedrückt; so für

MnO $\dot{\mathrm{Mn}}$ und für MnS $\acute{\mathrm{Mn}}$,
$MnO_{1,5}$ oder Mn_2O_3 $\not{\mathrm{Mn}}\,O_3$,

eine Bezeichnung aber, die leicht zu Irrthümern Veranlassung geben kann.

§. 49. Die zusammengesetzten Körper, in denen gewöhnlich die äußeren Eigenschaften ihrer Bestandtheile verschwunden sind, behalten das Sättigungsverhältniß und verbinden sich ebenfalls nur in bestimmten Gewichtsverhältnissen. Die Aequivalente oder Mischungsgewichte (Atomengewichte) der zusammengesetzten Körper werden durch direkte Versuche oder durch Addition der Mischungsgewichte ermittelt.

Die Salpetersäure enthält auf 14 Th. Stickstoff 5×8 oder 40 Th. Sauerstoff und ihr Mischungsgewicht wird durch $14 + 5 \times 8\,(40) = 54$ ausgedrückt; Kalk enthält auf 20 Th. Calcium 8 Th. Sauerstoff, wonach 28 das Mischungsgewicht des Kalks ist. Bei der Verbindung zwischen Salpetersäure und Kalk treten dieselben auch wirklich nur in dem Verhältniß von 54 : 28 zu salpetersaurem Kalk, dessen Mischungsgewicht durch 82 $(= 54 + 28)$ und seine chemische Bezeichnung durch CaO, NO_5 ausgedrückt wird, zusammen.

§. 50. Bei den Verbindungen der zusammengesetzten Körper, welche ein gemeinschaftliches Element haben, ist die Gewichtsmenge desselben in der einen Verbindung durch alle übrigen Verbindungen ein Multiplum von der in der andern.

54 Th. Salpetersäure enthalten 40 Th., 28 Th. Kalk 8 Th. Sauerstoff; in dem salpetersauren Kalk (nach vorigem Beispiel) ist also das Verhältniß des Sauerstoffes der Säure zu dem der Basis, wie $^{40}/_{8} = 5:1$, 162 Th. Salpetersäure enthalten 120 Th. und 80 Th. Eisenoxyd 24 Th. Sauerstoff; 162 Th. der ersteren verbinden sich mit 80 Th. des letzteren zu salpetersaurem Eisenoxyd; das Verhältniß des Sauerstoffes in der Säure zu dem der Basis wird demnach durch $^{120}/_{24}$ oder ebenfalls durch 5 : 1 ausgedrückt.

Anmerk. Ueber die Ermittlung der rationellen Zusammensetzung solcher Verbindungen, die aus einer gleichen Anzahl von Aequivalenten der einzelnen Stoffe bestehen, vergl. m. Polymerismus.

§. 51. Die Verbindungs-Verhältnisse der zusammengesetzten Körper und die dabei auftretenden Erscheinungen zeigen sich am deutlichsten bei den sauren und basischen Verbindungen des Sauerstoffes mit anderen Elementen, bei den sog. Sauerstoffsäuren und Sauerstoffbasen. Bei der Vermischung derselben tritt endlich ein Punkt ein, wo sowohl die Eigenschaften der Säure, wie die der Basis, gänzlich verschwunden sind und ein Körper mit ganz neuen Eigenschaften gebildet ist. Das Gewichtsverhältniß, welches von den verschiedenen Säuren erforderlich ist, um mit einer bestimmten Quantität irgend einer Basis vollständig neutrale Verbindungen zu bilden, heißt die Sättigungscapacität einer Säure.

28 Th. Kalk verbinden sich mit 54 Th. Salpetersäure, 38 Th. salpetriger Säure (NO_3), 51,7 Th. Mangansäure (MnO_3) u. s. w., wonach die Sättigungscapacitäten der genannten Säuren zu 28 Kalk oder einem Aequivalent irgend einer andern Basis in dem Verhältniß von : 54 : 38 : 51,7 stehen. Ueber den Begriff von Sauerstoffsäure und Sauerstoffbasis vgl. man unter Sauerstoffverbindungen.

§. 52. Bei den Verbindungen der Stoffe dem Gewicht nach lassen sich, obgleich bestimmte, doch keine einfachen Zahlenverhältnisse nachweisen, während bei der Verbindung der elastisch-flüssigen Körper (oder solcher Substanzen, die sich durch die Thätigkeit der Wärme in den elastisch-flüssigen Zustand überführen lassen) diese sich nur in sehr einfachen und constanten Raumverhältnissen mit einander vereinigen, mehrere ohne Raumverminderung, die meisten mit Verdichtung, nur zwischen Quecksilber und Schwefel mit Ausdehnung, im Ganzen aber der Raum der Produkte in einem sehr einfachen Raumverhältniß zu dem der Bestandtheile steht, wie folgende Tabelle zeigt.

a) Ohne Verdichtung verbinden sich:

1	Vol.	Chlor	und 1	Vol.	Wasserstoff	zu 2	Vol.	Chlorwasserstoff
1	„	Brom	„ 1	„	„	„ 2	„	Bromwasserstoff
1	„	Jod	„ 1	„	„	„ 2	„	Jodwasserstoff
1	„	Cyan	„ 1	„	„	„ 2	„	Cyanwasserstoff
1	„	„	„ 1	„	Chlor	„ 2	„	Chlorcyan
1	„	„	„ 1	„	Brom	„ 2	„	Bromcyan
1	„	Stickstoff	1	„	Sauerstoff	„ 2	„	Stickstoffoxyd

1 „ Phosphorwasserstoff und 1 Vol. Jodwasserstoff zu 2 Vol. Jodphosphorwasserstoff

1 „ Phosphorwasserstoff und 1 Vol. Bromwasserstoff zu 2 Vol. Bromphosphorwasserstoff

1 „ Chlorwasserstoff und ein 1 Vol. Ammoniak zu 2 Vol. Chlorwasserstoffammoniak

1 „ Cyanwasserstoff und ein Vol. Ammoniak zu 2 Vol. Cyanwasserstoffammoniak

1 Vol. Ammoniak und 1 Vol. Schwefelwasserstoff zu 2 Vol. Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium
2 „ Ammoniak und 1 Vol. Kohlensäure zu 3 Vol. kohlensaurem Ammoniak.

b) Mit Verdichtung verbinden sich:

1 Vol. Schwefeldampf und 6 Vol. Sauerstoff zu 6 Vol. schwefeligsaurem Gas
1 „ Selendampf und 6 Vol. Sauerstoff zu 6 Vol. selenigsaurem Gas
1 „ Schwefeldampf und 6 Vol. Wasserstoffgas zu 6 Vol. Schwefelwasserstoffgas
1 „ Selendampf und 6 Vol. Wasserstoff zu 6 Vol. Selenwasserstoff.

1 Vol.	Tellurdampf	und	6 Vol.	Wasserstoff	zu	6 Vol.	Tellurwasserstoffgas
3 „	Kohlengas	„	1 „	Schwefelgas	„	3 „	Schwefelkohlenstoffg.
1 „	Phosphorgas	„	6 „	Wasserstoffgas	„	4 „	Phosphorwasserstoffg.
1 „	Arsengas	„	6 „	Wasserstoffgas	„	4 „	Arsenwasserstoffgas
1 „	Phosphorgas	„	6 „	Chlorgas	„	4 „	Chlorphosphorgas
1 „	Arsengas	„	6 „	Jodgas	„	4 „	Jodarsengas
1 „	Arsengas	„	6 „	Chlorgas	„	4 „	Chlorarsengas
1 „	Antimongas	„	6 „	Chlorgas	„	4 „	Chlorantimongas
2 „	Wasserstoff	„	1 „	Sauerstoffgas	„	2 „	Wassergas
2 „	Kohlengas	„	1 „	Sauerstoffgas	„	2 „	Kohlenoxydgas
2 „	Stickstoffgas	„	1 „	Sauerstoffgas	„	2 „	Stickstoffoxydulgas
1 „	Stickstoffgas	„	2 „	Sauerstoffgas	„	2 „	Untersalpetersäuregas
2 „	Quecksilbergas	„	1 „	Chlorgas	„	2 „	Quecksilberchlorürgas
2 „	Quecksilbergas	„	1 „	Bromgas	„	2 „	Quecksilberbromürgas
1 „	Schwefelgas	„	9 „	Sauerstoffgas	„	6 „	Schwefelsäuregas
1 „	Phosphorgas	„	10 „	Chlorgas	„	6 „	Phosphorchloridgas
1 „	Stickstoffgas	„	3 „	Wasserstoffgas	„	2 „	Ammoniakgas
1 „	Borgas	„	3 „	Chlorgas	„	2 „	Chlorborgas
1 „	Borgas	„	3 „	Fluorgas (?)	„	2 „	Fluorborgas
1 „	Kohlengas	„	1 „	Sauerstoffgas	„	1 „	Kohlensäuregas
1 „	Kohlenoxydgas	„	1 „	Chlorgas	„	1 „	Phosgengas
1 „	Schwefeligsäureg.		1 „	Chlorgas	„	1 „	Chlorschwefelsäuregas
1 „	Quecksilbergas	„	1 „	Chlorgas	„	1 „	Quecksilberchloridgas
1 „	Quecksilbergas	„	1 „	Bromgas	„	1 „	Quecksilberbromidgas
1 „	Quecksilbergas	„	1 „	Jodgas	„	1 „	Quecksilberiodidgas
2 „	Wismuthgas	„	3 „	Chlorgas	„	2 „	Chlorwismuthgas
1 „	Kohlengas	„	2 „	Stickstoffgas	„	1 „	Cyangas
1 „	Siliciumgas	„	2 „	Chlorgas	„	1 „	Chlorsiliciumgas
1 „	Siliciumgas	„	2 „	Fluorgas (?)	„	1 „	Fluorsiliciumgas
1 „	Titangas	„	2 „	Chlorgas	„	1 „	Chlortitangas
1 „	Zinngas	„	2 „	Chlorgas	„	1 „	Zinnchloridgas
2 „	Kohlengas	„	4 „	Wasserstoffgas	„	3 „	Sumpfgas
3 „	Cyangas	„	3 „	Chlorgas	„	3 „	festem Chlorcyangas
2 „	Stickstoffgas	„	5 „	Sauerstoffgas	„	2 „	Salpetersäuregas
1 „	Arsengas	„	3 „	Sauerstoffgas	„	1 „	Arsenigsäuregas
1 „	Schwefelgas	„	3 „	Chlorgas	„	1 „	Halbchlorschwefelgas
4 „	Kohlengas	„	4 „	Wasserstoffgas	„	2 „	ölbildendem Gas

c) Mit Ausdehnung verbinden sich:

6 Vol. Quecksilbergas und 1 Vol. Schwefelgas zu 9 Vol. Schwefelquecksilbergas.

§. 53. Aus diesen nur auf Erfahrung sich gründenden Thatsachen läßt

sich schließen, daß alle differenten Arten der Materie sich nach einfachen Verhältnissen des Raumes zu durchdringen streben und selbst solche, die man bis jetzt noch nicht in den gas- oder dampfförmigen Zustand hat überführen können.

In der im vorigen Paragraphen angeführten Tabelle sind einige Stoffe mit angegeben, die man bis jetzt noch nicht für sich in den gasförmigen Zustand hat überführen können; so der Kohlenstoff, das Bor, Silicium, Zinn, und das an und für sich unbekannte Fluor; man hat jedoch auf ihr Raumverhältniß in den gasförmigen Verbindungen durch anderweite Thatsachen schließen können; so wird z. B. das Volumen des Sauerstoffgases nicht vermehrt, wenn es durch Berührung mit glühendem Kohlenstoff in Kohlensäure (CO_2) verwandelt wird; kommt diese Kohlensäure noch weiter mit glühender Kohle in Berührung, so verdoppelt sie ihr Volumen und geht in Kohlenoxyd (CO) über, woraus sich schließen läßt, daß in der Kohlensäure gleiche Raumtheile Kohlenstoffgas und Sauerstoffgas, zu einem Raumtheil, in dem Kohlenoxydgas aber 2 Raumtheile Kohlenstoffgas mit einem Raumtheil Sauerstoffgas zu 2 Raumtheilen verbunden sind. Nach der §. 47 angegebenen stöchiometrischen Tabelle verbinden sich 1 Gew. Th. Wasserstoff mit 8 Gew. Th. Sauerstoff oder 14 Gew. Th. Stickstoff; 1 Gew. Th. Wasserstoff nimmt aber denselben Raum ein, als 14 Gew. Th. Stickstoff, und es muß hiernach die Gewichtsmenge irgend einer festen Substanz, welche 8 Gew. Th. Sauerstoff im kleinsten Verhältniß aufnimmt, nicht nur ein Aequivalent für die Masse, sondern auch für das Volumen von 1 Gew. Th. Wasserstoff sein. Für die Verbindung der Stoffe nach bestimmten Raumverhältnissen spricht auch noch die Erfahrung, daß die Aequivalente zu den specifischen Gewichten der Gasarten (das des Sauerstoffgases = 1,0) in einem sehr einfachen Verhältnisse stehen und mit demselben sogar oft zusammenfallen; so z. B.

	Spec. Gewicht.		Mischungsgew.	
Sauerstoffgas	= 1,000000	:	1,000000	= 1 : 1
Wasserstoffgas	= 0,062398	:	0,1250	= 1 : 2
Stickstoffgas	= 0,885180	:	1,750	= 1 : 2
Chlorgas	= 2,213250	:	4,42650	= 1 : 2
Bromgas	= 4,891500	:	9,78310	= 1 : 2
Jodgas	= 7,891450	:	15,80620	= 1 : 2
Schwefelgas	= 6,034957	:	2,00000	= 3 : 1
Phosphorgas	= 3,923100	:	1,96140	= 2 : 1
Arsengas	= 9,460840	:	4,70040	= 2 : 1
Quecksilbergas	= 6,329110	:	12,50	= 1 : 2
Berechnetes spec. Gewicht.				
Fluor	= 1,169000	:	2,354350	= 1 : 2
Kohlenstoff	= 0,750000	:	0,75000	= 1 : 1
Bor	= 0,679910	:	1,362040	= 1 : 2
Silicium	= 0,924930	:	2,773120	= 1 : 3
Zinn	= 7,352960	:	7,352960	= 1 : 1
Titan	= 3,036610	:	3,036620	= 1 : 1

III. Theorie der chemischen Verbindung.

§. 54. Die Materie, die sich unsern Sinnen als zusammenhängend darstellt, ist es auch wirklich und erfüllt den Raum stetig; sie ist es an und für sich fähig, sich sowohl zu verdichten, als auszudehnen; bei der chemischen Verbindung können sich die Stoffe durch einander bis ins Unendliche

vertheilen, so daß in dem kleinsten Punkte der Verbindung die Bestandtheile zugleich vorkommen. Nach dieser Anschauung, der sog. dynamischen Theorie haben wir die unter §§. 34—53 angeführten Erfahrungsgesetze aufgefaßt.

Nach Kant ist die Materie etwas für sich Bestehendes und mit Kräften, der Anziehungskraft und der Repulsivkraft, begabt. Sie kann zwar durch äußere Gewalt zusammengepreßt werden, aber nur bis zu einem gewissen Punkte, weil mit der Verdichtung der Materie ihre Repulsivkraft zunimmt. Die Wirkung der Materien auf einander, wobei sie durch eigene Kräfte wechselseitig die Verbindung ihrer Theile ändern, ist die chemische; sie ist theils Auflösung, theils Scheidung. — Nach Schelling ist die Materie nichts Ursprüngliches, sondern entspringt erst aus dem Conflikt der Attractivkraft und Repulsivkraft, und ihre verschiedene Qualität beruht auf dem quantitativen Verhältnisse ihrer Grundkräfte. Der chemische Proceß findet nur bei heterogenen Stoffen statt, d. h. bei solchen, in deren einem das umgekehrte Verhältniß der Grundkräfte ist, als im anderen. Die erzeugte Verbindung ist das mittlere dynamische Verhältniß der Grundkräfte, die beim Processe in Thätigkeit gesetzt werden, und ihre Eigenschaften weichen daher wesentlich von denen der Bestandtheile ab.

§. 55. Die Materie ist etwas Ursprüngliches und besteht aus gewissen sehr kleinen, nicht weiter theilbaren Theilen, aus Atomen, Molekulen, Partikeln oder Massentheilen, die nicht dicht zusammengefügt sind, sondern Zwischenräume oder Poren zwischen sich lassen. Zusammenhängend erscheinende Körper sind nicht von der Materie gleichförmig erfüllt, sondern als ein Aggregat von Atomen und leeren Räumen zu betrachten. Bei der chemischen Verbindung durchdringen sich nicht die verschiedenen Stoffe, sondern es lagern sich die heterogenen Atome dicht an einander; es tritt eine Nebeneinanderlagerung, Juxtaposition, ein und das Aggregat der so gebildeten zusammengesetzten Atome, zwischen denen sich wieder Poren befinden, stellt sich als die neue chemische Verbindung dar. Es sind dieses die Grundzüge der sog. atomistischen Theorie, die sehr viele Anhänger gefunden hat.

Durch die Annahme von kleinsten untheilbaren Theilen lassen sich die meisten der angeführten Thatsachen mit Leichtigkeit erklären. Jedes Atom hat eine gewisse Ausdehnung, bestimmte Form und bestimmtes Gewicht; die Ausdehnung ist nicht meßbar, die Form bestimmt die Krystallform der Körper, und das absolute Gewicht der Atome, welches jedoch noch unbekannt ist, steht in demselben Verhältniß, wie die Zahlen der Mischungsgewichte zu einander stehen; es heißt deßhalb das Atomengewicht. Aus dem verschiedenen Gewicht der Atome erklärt sich die Thatsache, daß sich die Körper nur in gewissen Verhältnissen mit einander verbinden können und führt zu der Folgerung, daß in einer gleich großen Gewichtsmenge zweier Körper nicht eine gleich große Anzahl Atome enthalten sind und umgekehrt eine gleich große Zahl von Atomen nicht dasselbe Gewicht haben. Da bei der Trennung nur ganze Atome ausgeschieden werden, so wird dadurch erklärlich, warum bei der Scheidung ein Körper in einer bestimmten Menge erforderlich ist, um den ausgeschiedenen Körper zu vertreten. An ein Atom eines Körpers kann sich mehr als ein Atom eines anderen Körpers lagern, und deßhalb ist die Verbindung in mehr als einem Verhältniß möglich. Das Aequivalent einer Verbindung ist der Summe der Aequivalente der Bestandtheile gleich, da das Gewicht einer Gruppe von Atomen

der Summe der Gewichte der einzelnen Atome gleich sein muß. Zusammengesetzte Körper verbinden sich deßhalb in bestimmten Verhältnissen, weil sich nur Atomengruppen an einander lagern können. Stoffe, welche sich in Brüchen ihrer Aequivalente mit einander verbinden, bilden Vereinigungen, in welchen mehrere Atome beider Bestandtheile zusammengelagert sind ($FeO_{1,5}$ ist Fe_2O_3). Da mehrere Atome eines und desselben Körpers nur ein Multiplum von dem Gewicht eines einzigen Atomes ist, so muß bei der Verbindung zweier zusammengesetzter Körper mit einem gleichnamigen Element die Anzahl der Aequivalente derselben in dem einen Körper zu dem in dem andern Körper stets in einem sehr einfachen, durch ganze Zahlen ausdrückbaren Verhältnisse stehen. In gleich großen Raumtheilen aller einfachen Gasarten ist eine gleich große Anzahl von Atomen enthalten, und das specifische Gewicht von jenen ist ihren Atomengewichten proportional (vergl. §. 53). Hiernach ist Volumen und Atom identisch und das Atomengewicht des Wasserstoffs, Stickstoffs, Chlors u. s. w. nach der sog. Volumentheorie nur halb so groß, als jenes, welches aus der den Sauerstoff ersetzenden Gewichtsmenge berechnet ist (woher die Differenzen in den §. 47 angegebenen Aequivalenten und Atomengewichten).

§. 56. Da die aus dem Gesetze der multiplen Proportionen hauptsächlich entsprungene atomistische Theorie die bei der chemischen Verbindung auftretenden Erscheinungen, wie die dauernde und vollkommene Veränderung in den Eigenschaften chemisch verbundener Körper, die bei der Verbindung häufig auftretende Entwicklung von Licht und Wärme meist unerklärt läßt, so suchte man in der auf Versuche und Beobachtungen gegründeten Analogie zwischen elektrischen und chemischen Erscheinungen die Ursachen dieser Erscheinungen zu erklären und stellte hiemit die elektrochemische Theorie auf.

In §. 14 ist bereits ein geschichtlicher Ueberblick über die Entwicklung der elektrochemischen Theorie gegeben worden; hier sind noch die Grundzüge der elektrochemischen Theorie von Berzelius, als die vollständigste und übereinstimmendste, darzulegen. Es werden zwei Klassen von chemischen Verbindungen unterschieden: Die loseren Verbindungen, welche unter Temperaturerniedrigung erfolgen, z. B. die Lösungen der Salze in Wasser sind von einer specifischen Verwandtschaft abzuleiten, da nicht alle festen Körper in Wasser löslich sind; es vertheilen sich die Atome des festen Körpers in dem Wasser (oder anderen Lösungsmitteln), bis jedes Atom von einer gleichen Anzahl Wasseratome umgeben ist. Die innigeren Verbindungen sind die eigentlich chemischen oder elektrochemischen; sie entstehen nicht durch Affinität der wägbaren Stoffe gegen einander, sondern durch die ihren Atomen anhaftenden Elektricitäten, die bei jedem Stoffe, wenn auch in geringerem oder in mächtigerem Grad entgegengesetzt elektronegativ und elektropositiv sind, so daß manche Stoffe in ihren Atomen an einem Pol sehr viel negative und an dem andern sehr wenig positive, oder umgekehrt an dem einen Pol sehr viel positive, an dem andern sehr wenig negative Elektricität besitzt und auf diese Weise die einfachen Stoffe in der elektrischen Reihe in folgender Ordnung auf einander folgen, in welcher der Sauerstoff, als derjenige Körper, in dessen Atome die meiste negative Elektricität enthalten ist, den Anfang, und das Kalium, als der mit der meisten positiven Elektricität begabte Stoff, den Beschluß macht.

Elektronegative Stoffe: Sauerstoff, Schwefel, Selen, Stickstoff, Fluor, Chlor, Brom, Jod, Phosphor, Arsen, Chrom, Vanad, Molybdän,

Wolfram, Bor, Kohlenstoff, Antimon, Tellur, Tantal, Niob, Pelop, Titan, Silicium und Wasserstoff.

Elektropositive Stoffe: Gold, Osmium, Irid, Platin, Rhodium, Ruthen, Pallad, Quecksilber, Silber, Kupfer, Wismuth, Zinn, Blei, Cadmium, Kobalt, Nickel, Eisen, Zink, Mangan, Uran, Didym, Cer, Lanthan, Thor, Zirkon, Aluminium, Yttrium, Terb, Erb, Beryll, Magnesium, Calcium, Strontium, Baryum, Lithium, Natrium und Kalium.

Je entfernter zwei Stoffe in der elektrischen Reihe liegen, desto größer ist ihr elektrischer Gegensatz, desto kräftiger die Verwandtschaft; je näher dagegen zwei Stoffe stehen, desto geringer ist die elektrische Spannung und desto schwächer die Verwandtschaft.

Bei der Verbindung eines elektronegativen Stoffes mit einem elektropositiven vereinigt sich die in jenem vorherrschende negative Elektricität mit der in diesem vorherrschenden positiven Elektricität, jedoch zeigt der erstere schon vor der Verbindung etwas freie negative und letzterer etwas freie positive Elektricität, deren Spannung in dem Maaß zunimmt, je mehr sich die Stoffe der Temperatur nähern, bei welcher ihre Verbindung erfolgt und erst im Momente der Verbindung wenden sich die negativen Atompole des ersteren gegen die positiven des letzteren, was aber nur geschehen kann, wenn die auf einander wirkenden Stoffe im flüssigen (schmelzenden) Zustand sind, wo sich dann beide Elektricitäten unter Wärme- oder Lichtentwicklung ausgleichen und verschwinden. Hiernach ist jeder chemische Proceß Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitäten und jede chemische Verbindung ein elektrisches Phänomen, das auf der elektrischen Polarität der Atome beruht. (Da die elektrische Reihenfolge nicht durchgehends mit der Erfahrung übereinstimmt, so nimmt Berzelius an, daß in manchen Stoffen die Intensität der einen Polarität bedeutender, als in einem andern negativeren oder positiveren Stoffe sei; so hat der höchst elektronegative Sauerstoff ein geringeres Bestreben, sich mit dem elektropositiven Gold zu verbinden, als mit dem ihm in der elektrischen Reihe folgenden Schwefel; obwohl nun im Goldatom die positive Elektricität des einen Poles mehr beträgt, als die negative im anderen, so beträgt doch die absolute Menge der in dem einen Pole des Goldatoms vorhandenen positiven Elektricität weniger, als in dem einen Pole des Schwefelatoms, nur daß dieses im anderen Pole eine größere Menge negativer Elektricität besitzt, als das Goldatom, und daß die in dem Schwefelatom angehäufte positive Elektricität eine größere Menge negativer Elektricität ausgleichen kann, als die positive des Goldes.) — Der Grad der elektrischen Polarisation, d. h. die absolute Menge der beiden Elektricitäten in den Atomenpolen, ist je nach der Temperatur verschieden und gewöhnlich bei höherer Temperatur erhöht, bei einigen Stoffen aber in niedriger Temperatur höher, wie z. B. die Kohle erst in hoher Temperatur eine sehr starke Polarisation gegen Sauerstoff zeigt, Gold aber nur in niedriger Temperatur, und sie in höherer gänzlich aufhört. — Elektronegative Stoffe bilden mit Sauerstoff in der Regel elektronegative Verbindungen, Säuren, und elektropositive Stoffe geben mit Sauerstoff in der Regel elektropositive Verbindungen, Basen, so daß fast durchgehends anzunehmen ist, daß die zusammengesetzten Körper eine elektrische Polarität beibehalten und sich in eine ähnliche elektrische Reihe, wie die einfachen Stoffe bringen lassen. — Die Zersetzung der durch elektrochemische Ausgleichung erzeugten Verbindung kann nur dann eintreten, wenn den Bestandtheilen ihre frühere elektrische Polarität wieder ertheilt wird. — Die Kraft, welche die vereinigten Stoffe nach Vernichtung

ihres entgegengesetzten elektrischen Zustandes zusammenhält, rührt nicht von einer besondern inneren Kraft (der Affinität) her, denn sonst würde die Fortdauer der Verbindung nicht dem Einflusse der Elektricität unterworfen sein, durch welche sie aufgehoben wird, und ihre Bestandtheile wieder mit ihrer früheren chemischen und elektrischen Eigenschaft begabt auftreten. — Ein Stoff, der sich mit anderen bald als positiverer, bald als negativerer Körper verbinden kann, wird aus ersteren Verbindungen nur durch elektropositivere, aus letzterem nur durch elektronegativere abgeschieden werden.

Leop. Gmelin gibt in seinem Handbuche der Chemie folgende Grundzüge seiner elektrochemischen Theorie. Die wägbaren Stoffe haben Affinität gegen einander. Die beiden Elektricitäten sind Materien, welche ebenfalls Affinität gegen einander besitzen, und aus deren Vereinigung nach dem Verhältniß, in welchem sie sich neutralisiren, Wärme (Feuer) entsteht. Sowohl die einzelnen Elektricitäten, wie die Wärme, haben bedeutende Affinität gegen die wägbaren Stoffe und werden mit um so größerer Kraft und in um so größerer Menge von den wägbaren Stoffen gebunden, je einfacher diese sind. Je nach ihrer Natur sollten die wägbaren Stoffe neben einer bestimmten Menge von Wärme einen größeren oder geringeren Ueberschuß von negativer oder positiver Elektricität mit sich vereinigen. So enthält vielleicht der Sauerstoff die meiste positive, das Kalium die meiste negative Elektricität. Die zwischen diesen beiden Extremen liegenden Stoffe halten eine größere Menge von Wärme nebst einem kleinen Ueberschuß der einen oder anderen Elektricität nach einem, je nach ihrer Natur mannichfach abweichenden Verhältnisse, und bilden so eine elektrische Reihe, welche vielleicht mit der Affinitätsordnung des Sauerstoffes übereinstimmt. — Die Verbindung von zwei wägbaren Stoffen wird durch zwei Kräfte bewirkt, nämlich durch die Affinität der wägbaren Stoffe zu einander und durch die Affinität der Elektricität, welche in dem einen Stoffe in großer Menge enthalten ist, zu der entgegengesetzten, welche im anderen Stoffe vorwaltet. Durch diese beiden Kräfte wird die Affinität des elektronegativen Stoffes zu der mit ihm verbundenen positiven und die des elektropositiven Stoffes zu der mit ihm verbundenen negativen Elektricität überwunden. Das Resultat ist Wärme und die wägbare Verbindung. Diese behält den Ueberschuß der positiven oder negativen Elektricität, wodurch sie einen bald mehr elektronegativen, bald mehr elektropositiven Charakter erhält, und einen Theil der Wärme mit sich verbunden, während ein anderer Theil in Freiheit gesetzt wird, und die Ursache ist von der die meisten chemischen Verbindungen begleitenden Wärme oder Feuerentwicklung. — Verbinden sich zwei Stoffe, welche beide dieselbe Elektricität im Ueberschuß enthalten, z. B. Sauerstoff und Schwefel, in welchen überschüssige positive Elektricität in verschiedener Menge gebunden ist, so läßt sich am einfachsten annehmen, die Verbindung erfolge bloß vermöge der Affinität der beiden wägbaren Stoffe, die neue Verbindung behalte die Summe dieses Ueberschusses an positiver Elektricität gebunden, und die Wärmeentwicklung rühre bloß daher, daß die Verbindung nicht mehr so viel Wärme zu binden vermag, wie vorher ihre Bestandtheile. — Wird eine wägbare Verbindung durch höhere Temperatur zersetzt, z. B. das Silberoxyd durch Glühhitze in Sauerstoffgas und Silber, so ist anzunehmen, daß die Affinität des Silbers zur negativen Elektricität plus der des Sauerstoffes zur positiven plus der der Wärme zum Sauerstoff größer ist, als die Affinität des Silbers zum Sauerstoff plus der der beiden Elektricitäten gegen einander. Es zerfällt daher ein Theil der Wärme in ihre Bestandtheile und tritt als negative Elektricität an das Silber, als positive an den

Sauerstoff. Mit den Zersetzungen wägbarer Verbindungen durch wägbare Stoffe möchte es sich folgendermaßen verhalten: Treibt in der Glühhitze das Chlor aus dem Kali den Sauerstoff, Chlorkalium bildend, so tritt hierbei diejenige positive Elektricität, die es bei der Verbindung mit reinem Kalium an dessen negativer Elektricität gegeben haben würde, an den Sauerstoff ab, der die seinige bei der Verbindung mit dem Kalium verloren hatte. — Wenn Kalium mit Wasser Kali und Wasserstoffgas liefert, so geht hierbei die negative Elektricität des Kaliums zu dem sich entwickelnden Wasserstoff über, der die seinige bei der Wasserbildung an die positive des Sauerstoffes abgegeben hatte. Dasselbe findet beim Auflösen des Zinks in verdünnter Schwefelsäure statt; seine negative Elektricität tritt an das sich entbindende Wasserstoffgas.

IV. Isomorphie, Dimorphie, Amorphie (Allotropie), Isomerie, Polymerie und Metamerie.

§. 57. Mehrere Stoffe, besonders aber solche, welche eine ähnliche Zusammensetzung haben, z. B. die Oxyde oder Sulphide, welche bei analoger Beschaffenheit der Metalle eine gleiche Anzahl von Sauerstoff- oder Schwefeläquivalenten haben, die Salze, deren Basen sich analog verhalten, und deren Säuren entweder dieselben sind oder ebenfalls ähnliche Eigenschaften und Zusammensetzung haben u. s. w., krystallisiren häufig in derselben Form und heißen dann isomorphe (von ἴσος, gleich, und μορφή, Gestalt) Stoffe, die Lehre davon aber der Isomorphismus. Im allgemeinsten Sinn versteht man aber solche Stoffe als isomorphe, die sich in einer Verbindung vertreten, ohne daß die Krystallform derselben, geringe Winkelverschiedenheiten abgerechnet, geändert wird, und unterscheidet sie:

1) in solche, die für sich und in ihren Verbindungen isomorph sind, d. h. in solche Stoffe, welche für sich dieselbe Krystallgestalt besitzen und sich ohne Aenderung derselben in den Verbindungen nach gleichen Aequivalentenzahlen vertreten.

Hierzu gehören das Arsen und Antimon, welche beide in spitzen Rhomboëdern krystallisiren, sich bei der Verbindung mit Sauerstoff in demselben Verhältniß vereinigen und die sauren Oxyde sowohl, als mehrere Verbindungen derselben mit basischen Körpern, dieselbe Gestalt haben.

2) In solche, die sich in den Verbindungen nach gleichen Aequivalentenzahlen vertreten, d. h. in solche Stoffe, deren Krystallgestalt für sich entweder verschieden oder wenigstens unbekannt ist, aber sich in den Verbindungen ohne Veränderung der Gestalt nach gleichen Aequivalenten vertreten.

Hierzu gehören Zinn und Titan, die in regelmäßigen sechsseitigen, in den Verbindungen mit Sauerstoff als Zinnsäure und Titansäure (SnO_2 und TeO_2) in quadratischen Säulen krystallisiren.

3) In solche, die sich in den Verbindungen nach ungleichen Aequivalenten vertreten, d. h. in solche Stoffe, die in einer Verbindung ein Aequivalent eines Stoffes durch zwei oder mehrere Aequivalente eines oder zweier anderer Stoffe vertreten werden können.

Für den ersteren Fall kann man das überchlorsaure Kali (KO, ClO_7) und übermangansaure Kali (KO, Mn_2O_7) als Beispiele von Isomorphismus betrachten, wo ein Aequivalent Mangan durch zwei Aequivalente Chlor vertreten und für letzteren Fall das Chlorkalium (KCl) und den Salmiak (H_4NCl), wo bei gleicher Krystallgestalt ein Aequivalent Kalium durch eine Verbindung von 4 Aequivalenten Wasserstoff und 1 Aequivalent Stickstoff vertreten wird.

§. 58. Nach der atomistischen Theorie sucht man die Ursache des

Isomorphismus in der gleichen Lage und Form der Molekule analoger Körper, betrachtet nur diejenigen Körper als isomorph, welche bei gleicher Zusammensetzung auch gleiche Krystallgestalt haben, und wendet den Isomorphismus zur Controlirung der Atomengewichte und zur genaueren Ermittlung atomistischer Zusammensetzung an.

Eine der schönsten Gruppen isomorpher Verbindungen bilden die sog. Alaune, welche bei gleicher äußerer Form sehr verschiedene basische Körper in der Verbindung enthalten, nämlich der

Kali-Thonalaun $= 24\,HO + Al_2\,O_3,\ 3\,SO_3 + KO,\,SO_3,$
Ammoniak-Thonalaun $= 24\,HO + Al_2\,O_3,\ 3\,SO_3 + H_4NO,SO_3,$
Kali-Eisenalaun $= 24\,HO + Fe_2\,O_3,\ 3\,SO_3 + KO,\,SO_3,$
Ammoniak-Eisenalaun $= 24\,HO + Fe_2\,O_3,\ 3\,SO_3 + H_4\,NO,SO_3,$
Kali-Manganalaun $= 24\,HO + Mn_2\,O_3,\ 3\,SO_3 + KO,\,SO_3,$
Ammoniak-Manganalaun $= 24\,HO + Mn_2\,O_3,\ 3\,SO_3 + H_4NO,SO_3,$
Kali-Chromalaun $= 24\,HO + Cr_2\,O_3,\ 3\,SO_3 + KO,\,SO_3$ u.
Ammoniak-Chromalaun $= 24\,HO + Cr_2\,O_3,\ 3\,SO_3 + H_4NO,\,SO_3,$

welche beliebig über einander krystallisiren können, ohne die Krystallgestalt zu verändern.

§. 59. Mehrere einfache und zusammengesetzte Körper können in Gestalten anschießen, welche entweder verschiedenen Krystallsystemen angehören oder, wenn auch in demselben, doch mit solchen Winkelverschiedenheiten, daß sie nicht auf einander zurückgeführt werden können; mit dieser Verschiedenheit der Gestalt ist auch häufig eine Veränderung des spec. Gewichtes, der Härte, Farbe und einiger anderer Eigenschaften verbunden. Solche Körper werden, wenn sie in zwei oder noch mehrerlei bestimmten Gestalten bestehen können, **dimorphe**, **trimorphe**, **polymorphe**, **heteromorphe Körper**, und die Lehre davon der **Dimorphismus** genannt. Die Verschiedenheit der Gestalt scheint besonders davon abhängig zu sein, bei welcher Temperatur ein Körper in den festen Zustand übergeht, da man die Beobachtung gemacht hat, daß Krystalle bei einer Temperatur gebildet in derjenigen, wobei sich die andere Form derselben gebildet haben würde, häufig trübe werden, und so unter Beibehaltung der äußeren Gestalt in ein Aggregat kleiner Krystalle der zweiten Art verwandeln, wonach sich vermuthen läßt, daß sich die einzelnen Theile (Atome) oder Krystalle verschieben, um diejenige veränderte Lage einzunehmen, welche der Temperatur und dem veränderten Krystallsystem entspricht.

Quecksilberiodid krystallisirt aus seiner Lösung in Jodkalium in oder bei dem Sublimiren in sehr geringer Wärme in rothen, quadratischen Tafeln, beim raschen Sublimiren in zweigliedrigen gelben Tafeln, die beim Reiben oder Ritzen (auch beim raschen Erkalten) mit einer sichtbaren Bewegung in der Krystallmasse in die gelbe Form übergehen. Schwefel krystallisirt aus Lösungen in durchscheinenden, spitzen Rhombenoktaëdern von 2,0454 spec. Gewicht und 0,20259 spec. Wärme, beim Schmelzen oder Sublimiren aber in schiefen rhombischen Säulen von 1,982 spec. Gewicht und 0,20685 spec. Wärme, ist anfangs durchsichtig und geht bei der geringsten Erschütterung in die erste Krystallform über, wobei er auch undurchsichtig wird; der durch weiteres Erhitzen dickflüssiger werdende Schwefel kann nach dem Ausgießen in kaltes Wasser Tage lang als eine braune, weiche, zähe Masse von 1,957 spec. Gewicht und bedeutenderer spec. Wärme erhalten werden. Die einfachen Körper, welche in verschiedenen Gestalten bestehen können, nennt man jetzt auch **allotropische Stoffe**, während der Ausdruck **dimorphe** u. s. w. Körper insbesondere sich auf zusammengesetzte bezieht.

§. 60. Manche feste Körper haben die Eigenschaft, je nach den Umständen, in denen sie aus den flüssigen in den festen Zustand übergehen, entweder in bestimmter krystallinischer Form oder in einem völlig unkrystallinischen Zustand zu erscheinen, in welcher sogar viele bloß bekannt sind. Solche Stoffe ohne irgend eine Spur heißen amorphe Körper, und, sind sie auch krystallisirbar, der Uebergang aus dem krystallinischen in den amorphen Zustand die Deformation, die Umänderung aus den amorphen in den krystallinischen Zustand die Transformation. Die Deformation tritt vorzüglich ein, wenn sich die Massentheilchen (Atome) theils wegen des zähen Zustandes der Flüssigkeit, theils wegen zu raschen Ueberganges aus dem flüssigen in den festen Zustand nicht in der Weise zusammenfügen können, wie es die Krystallbildung erfordert. Ein amorpher Körper zeigt sich in der Regel von geringerem spec. Gewicht, weniger Härte, größerer Löslichkeit und mit einer größeren Menge gebundener Wärme, als er im krystallisirten Zustand hat.

Glas rasch abgekühlt, wie es bei der Bereitung der Glasgeräthschaften geschieht, zeigt sich vollkommen amorph und auf dem Bruche muschlig; wird es hingegen mehrere Tage lang in einer bis zum Weichwerden gesteigerten Glühhitze erhalten, so nimmt es von außen nach innen zu ein faseriges Gefüge an und verwandelt sich endlich in das sog. Reaumur'sche Porzellan, welches weiß, wenig durchscheinend, meist von faserigem Bruch, specifisch schwerer, strengflüssiger und weit härter ist, als das Glas, aus dem es entstand. Das durch Fällung des Quecksilberchlorides mit Schwefelwasserstoff gebildete Schwefelquecksilber ist vollkommen amorph und schwarz, während es bei der Sublimation krystallinisch und roth, beim starken Erhitzen und raschen Abkühlen (durch Einwerfen in kaltes Wasser) wieder amorph und schwarz wird. Dasselbe findet bei dem natürlich vorkommenden schwarzen, krystallinischen und dem künstlich durch Fällung gebildeten rothbraunen, amorphen Schwefelantimon statt. Geschmolzener Zucker ist amorph und durchsichtig, wird aber durch längeres Liegen krystallinisch und undurchsichtig weiß; läßt man schmelzenden Zucker bis auf 38⁰ abkühlen und zieht ihn rasch durch Zusammenlegen von Fäden aus, so steigt seine Temperatur rasch bis zu 80⁰ und er besteht nun aus kleinen perlglänzenden Krystallkörnern.

Anmerkung. Es gibt verschiedene Körper, die man nur im amorphen Zustand kennt, so Gummi, Leim, Eiweißstoff, die meisten Harze, Wasserglas u. s. w. Der Amorphismus derselben scheint dadurch bedingt zu sein, daß, da dieselben nur kleine Mengen ihrer Lösungsmittel bedürfen, beim Verdunsten des größeren Theiles derselben eine dicke Lösung entsteht, wodurch die krystallinische Bildung verhindert wird.

§. 61. Mehrere zusammengesetzte Körper zeigen bei ein und derselben Zusammensetzung neben abweichenden physikalischen Eigenschaften auch verschiedene chemische und eine abweichende Sättigungscapacität, wodurch sie sich insbesondere von den dimorphen Körpern unterscheiden. Solche Körper werden im Allgemeinen isomere Körper genannt, und man unterscheidet:

1) Isomere Körper (im engsten Sinn); diese sind nach der Sprache der atomistischen Theorie solche verschiedene physische und chemische Verhältnisse zeigende Verbindungen, von denen angenommen werden muß, daß sie in ihren zusammengesetzten Atomen dieselben Elemente nach derselben Atomenzahl enthalten, daß sie keine näheren Bestandtheile verschiedener Natur enthalten und daß die einfachen Atome, welche ein zusammengesetztes bilden, in verschiedener Weise auf einander gelagert sind.

Beispiele von Isomerie sind die drei Modificationen der Phosphorsäure, die zwei Modificationen der tellurigen Säure und Tellursäure u. s. w., ferner die Weinsteinsäure und Traubensäure, die Schleimsäure und Paraschleimsäure, die Maleïnsäure und Paramaleïnsäure.

2) Polymere Körper sind nach der atomistischen Sprache solche gleichartig zusammengesetzte, aber verschiedene physische und chemische Verhältnisse zeigende Verbindungen, von denen sich annehmen läßt, daß ihre zusammengesetzten Atome eine verschiedene Zahl einfacher Atome enthalten, jedoch so, daß das Zahlenverhältniß der heterogenen einfachen Atome immer dasselbe bleibt, was nach der dynamischen Ansicht auf die Weise ausgedrückt wird, daß zwei gleichartig zusammengesetzte Körper eine verschiedene Sättigungscapacität gegen andere Stoffe äußern.

Als polymere Körper sind die verschiedenen Kohlenwasserstoffe, welche den einfachsten Formeln CH, C_2H, C_2H_4, C_5H_4 entsprechend zusammengesetzt sind, Milchsäure ($C_6H_5O_5$) und Stärkmehl ($C_{12}H_{10}O_{10}$), Cyansäure (C_2NO), Knallsäure ($C_4N_2O_2$?) und Cyanursäure ($C_6N_3O_3$) u. s. w.

3) Metamere Körper sind solche, nur organische Verbindungen und zwar immer einer höheren Ordnung angehörend, wo die zusammengesetzten Atome von zwei Verbindungen zwar dieselben Elementaratome nach denselben Zahlenverhältnissen enthalten, jene aber immer aus verschiedenen näheren Bestandtheilen zusammengesetzt sind; z. B.

Essigsaures Methyloxyd	= $C_4H_3O_3$ (Essigsäure) +
	C_2H_3O (Methyloxyd)
	$C_6H_6O_4$.
Ameisensaures Aethyloxyd	= C_2HO_3 (Ameisensäure) +
	C_4H_5O (Aethyloxyd)
	$C_6H_6O_4$.
Eisessig	= $C_4H_3O_3$ (Essigsäure) +
	HO (Wasser)
	$C_4H_4O_4$.
Ameisensaures Methyloxyd	= C_2HO_3 (Ameisensäure) +
	C_2H_3O (Methyloxyd)
	$C_4H_4O_4$.

Zweite Abtheilung.

Unorganische Chemie.

Chemie der einfachen Radikale.

§. 62. Die §. 3 angeführten einfachen Stoffe zerfallen nach ihrem Verhalten gegen Licht, Wärme und Elektricität in zwei Hauptgruppen, nämlich in solche, die durchsichtig und glas- bis diamantglänzend sind und Wärme oder Elektricität gar nicht oder nur schwach leiten, und in solche, welche undurchsichtig, metallfarbig und metallglänzend, auch Leiter der Wärme und Elektricität sind. Die Stoffe der ersten Gruppe heißen nichtmetallische Stoffe, und zu ihnen wird im engsten Sinn der Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, das Chlor, Brom, Jod, Fluor, der Schwefel, das Selen, der Kohlenstoff, Kiesel und das Bor, in weiterem Sinn auch das Tellur, Arsen und Antimon gerechnet werden; die übrigen einfachen Stoffe heißen Metalle.

Es ist schwierig, einen bestimmten Unterschied zwischen nichtmetallischen und metallischen Stoffen aufzustellen, da es für einzelne Elemente noch unentschieden ist, ob sie der einen oder der anderen Gruppe oder beiden zugleich angehören; so steht Arsen zwischen den nichtmetallischen und metallischen Stoffen, verhält sich aber in den meisten Eigenschaften wie der nichtmetallische Phosphor; dasselbe gilt vom Antimon; Tellur, welches in physikalischer Beziehung ganz unbedingt zu den Metallen gerechnet werden muß, verhält sich chemisch dem nichtmetallischen Schwefel und Selen analog, während wiederum rein nicht metallische Stoffe in chemischer Beziehung viel Aehnlichkeit mit den Metallen haben (vergl. §. 63).

§. 63. Die nicht metallischen Stoffe lassen sich in physikalischer Beziehung in mehrere Untergruppen theilen, nämlich:

1) in beständig gasförmige Stoffe, wohin der Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff gehören;

2) in leicht vergasbare Stoffe, wohin das Chlor, Brom, Jod und das hypothetische Fluor gehören;

3) in feste, aber leicht schmelzbare und flüchtige Stoffe, wohin der Schwefel, Phosphor und das Selen (Arsen, Antimon und Tellur) gehören; und

4) in feuerbeständige, nicht flüchtige Stoffe, wohin der Kohlenstoff, Kiesel und das Bor gehören.

In chemischer Beziehung zerfallen sie aber in wirkliche nichtmetallische Stoffe, Ametalle, wohin der Sauerstoff, das Chlor, Brom, Jod, Fluor, der Schwefel und das Selen gehören, und in metallähnliche Stoffe, Metalloide, wohin Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor, Bor und Kiesel, Arsen, Antimon und Tellur zu rechnen sind; die erstere Reihe der nichtmetallischen Stoffe wird auch die der Brenner genannt, weil sie sich unter Feuererscheinung mit den vielen anderen einfachen Stoffen verbinden können, und die letztere Reihe die der Zünder, da sie sich oft bei der Verbindung mit den Brennern entzünden und hierin eine große Aehnlichkeit mit den Metallen zeigen, wodurch ihr Name Metalloide gerechtfertigt wird.

§. 64. Die Metalle werden in physikalischer Beziehung in zwei Untergruppen getheilt, nämlich

1) in Metalle, deren spec. Gewicht unter 5,0 liegt, sog. leichte Metalle, wohin Kalium, Natrium, Lithium, Calcium, Strontium, Baryum, Magnesium, Alumium, Yttrium, Erbium, Terbium, Beryllium, Zirkonium, Thorium, Cerium, Lanthan und Didym gehören.

2) Um Metalle, deren spec. Gewicht über 5,0 liegt, sog. schwere Metalle, wohin alle übrigen Metalle gerechnet werden und die noch eingetheilt werden:

a) in uneble Metalle, wohin Mangan, Eisen, Nickel, Kobalt, Kupfer, Uran, Zink, Cadmium, Blei, Wismuth und die sog. elektronegativen Metalle (Zinn [Antimon, Tellur und Arsen], Titan, Niobium, Pelopium, Tantal, Wolfram, Molybdän, Vanadin und Chrom) gehören, und

b) in edle Metalle, wohin Quecksilber, Silber, Palladium, Platin, Irid, Rhodium, Ruthen, Osmium und Gold gerechnet werden.

In chemischer Beziehung theilt man die Metalle ein

1) in solche, welche das Wasser bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur oder Gegenwart einer Säure zersetzen und die mit Sauerstoff basische Oxyde bilden; zu ihnen gehören die sog. leichten Metalle, ferner (Cerium,

Lanthan, Didym), Mangan, Zink, Cadmium, Uran und Zinn und das in den Oxyden durch Wasserstoff reducirt werdende Eisen, Nickel und Kobalt;

2) in solche, die das Wasser nicht zersetzen, in niederen Oxydationsstufen Basen, in höheren bald Basen, bald Säuren bilden, und in diesen Oxydationsstufen durch Wasserstoff reducirt werden; zu ihnen gehören außer den sog. edlen Metallen auch Blei, Wismuth und Kupfer;

3) in Metalle, die das Wasser nicht zersetzen und deren niedrigste Oxydationsstufen nur schwache Basen, die höchsten aber immer Säuren sind, und deßhalb elektronegative Metalle genannt werden; zu ihnen gehören die unter S. 2. a angeführten Metalle.

§. 65. Die einfachen Stoffe lassen sich nach ihrer Analogie in mehrere aus drei bestehende Gruppen ordnen, bei denen nicht nur das Mischungsgewicht, sondern auch häufig das spec. Gewicht in einem gewissen Verhältniß zu einander stehen, so daß in dem einen oder in dem andern Falle die Mittelzahl der beiden äußersten Glieder nahe das Mischungsgewicht oder das spec. Gewicht des mittelsten Gliedes ausdrückt. Nach dieser Anordnung haben wir folgende aus drei bestehende Gruppen, sog. Triaden.

	Misch. Gew.	Spec. Gew.	
Chlor	35,463	35,60	Wasserstoff = 1.
Jod	126,845	126,57	
	162,308	162,17	
	2	2	
Brom	81,154 (80,0),	81,085 (80,5).	
Schwefel	16,000	2,04	Wasser = 1.
Tellur	64,250	6,24	
	80,250	8,28	
	2	2	
Selen	40,125 (39,631),	4,14 (4,32).	
Phosphor	31,436	1,770	
Antimon	129,243	6,715	
	160,679	8,485	
	2	2	
Arsen	80,339 (75,329),	4,242 (5,7).	
Lithium	6,440	? *)	
Kalium	39,115	0,865	
	45,555		
	2		
Natrium	22,777 (22,973),	0,972.	
Calcium	20,000	noch ziemlich unbekannt.	
Baryum	68,640		
	88,640		
	2		
Strontium	44,320 (43,841)		

*) Anmerk. Das spec. Gewicht des Lithiums ist unbekannt, jedoch nach der Analogie berechnet, würde es = 1,079 zu setzen sein.

Aus den übrigen einfachen Stoffen lassen sich nicht solche bestimmte Triaden bilden, als aus den angeführten; da jedoch fortwährend die Zahl der einfachen Stoffe vermehrt wird, so läßt sich vermuthen, daß die noch fehlenden Glieder einzelner Gruppen ebenfalls ermittelt werden. Der Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff lassen sich auf keine Weise mit anderen Stoffen gruppiren, zeichnen sich aber dadurch aus, daß sie die verbreitetsten Stoffe unseres Planeten sind und auf die mannigfaltigste Weise unter einander verbunden die verschiedenen organischen Theile der Pflanzen- und Thierwelt bilden.

A. Nichtmetallische Stoffe.

I. Vom Sauerstoff.

Symbol und Aequivalent O = 8,0, Atomengewicht 100,0 oder 16,0. Spec. Gewicht 1,026, Spec. Wärme 0,242. *)

(Vergl. Bd. 3, S 2 bis 7.)

§. 66. Der Sauerstoff verbindet sich mit allen übrigen einfachen Stoffen (dem Fluor ausgenommen) und mehreren zusammengesetzten Körpern (mit den sog. zusammengesetzten Radikalen) und die meisten elektropositiveren Stoffe äußern zu keinen anderen Körpern eine so große Affinität, wie zum Sauerstoff. Bei seiner Vereinigung mit anderen Stoffen veranlaßt er nicht allein ganz neue Formen, sondern auch Wärme- oder Lichtentwicklung, wenn die Verbindung rasch von Statten geht. Er ist der zündende, d. h. der das Verbrennen brennbarer Körper bedingende Stoff, welcher bei allen Verbrennungserscheinungen in der atmosphärischen Luft, bei der Respiration und bei der Verwesung organischer Körper thätig und die Quelle aller der beim Verbrennen brennbarer Körper frei werdenden Wärme ist.

Kohle verhält sich bei gewöhnlicher Temperatur indifferent gegen atmosphärische Luft oder Sauerstoffgas; wird sie aber darin bis zum Glühen erhitzt, so verglimmt sie in ersterer, während sie in letzterem unter Funkensprühen verbrennt. Eisen in Form einer Stahlfeder verbrennt oder verglimmt nur so lange in der atmosphärischen Luft, als es zum Glühen erhitzt wird, während es in Sauerstoffgas nach eingeleitetem Glühen ohne weitere äußere Erhitzung unter Funkensprühen fortbrennt. Phosphor verbrennt schon bei gewöhnlicher Temperatur langsam und ohne starke Wärme- und Lichtentwicklung in der atmosphärischen Luft, bei etwas erhöhter Temperatur mit bedeutender Wärme- und Lichtentwicklung, in Sauerstoffgas aber mit unerträglichem Lichtglanz.

§. 67. Die Lichterscheinung zeigt sich beim Verbrennen verschieden, je nachdem die verbrennenden Körper oder die beim Verbrennen desselben gebildeten Produkte flüchtig sind oder nicht. Verbindet sich ein fester Körper als solcher unmittelbar mit dem Sauerstoff unter Wärme- und Lichtentwicklung, so tritt ein leuchtender Schein auf, der Körper selbst ist weißglühend und sprühet zuweilen Funken (glühende Theile) aus. Geht aber der Körper vor der Verbrennung in die Dunst- oder Gasform über, oder sind die Verbrennungsprodukte dieser Beschaffenheit, so wird er bei der unter Lichtentwicklung stattfindenden Verbindung mit Sauerstoff von einer mehr oder minder leuchtenden, beweglichen Hülle, der Flamme, umgeben oder gekrönt, die bei ruhiger Luft die Form eines nach oben gerichteten Kegels

---

*) Anmerk. Spec. Gewicht bei Gasarten: atmosphärische Luft = 1,00, bei flüssigen und festen Körpern: Wasser = 1,00; spec. Wärme: Wasser = 1,00.

anzunehmen pflegt. Diese Flamme besteht aus einer brennenden Hülle und aus einem inneren dunklen Raum, in welchem der verbrennende Körper hineinragt und sie ist dann nur leuchtend, wenn in derselben feste glühende Theilchen befindlich sind, die entweder in die Höhe gerissen, oder bei der Verbrennung theilweise abgeschieden, oder durch die Verbrennung selbst gebildet worden sind; fehlen in einer Flamme solche feste Theilchen, so zeigt sie nur eine matte Lichterscheinung, die oft kaum wahrnehmbar ist, bei Hineinhalten eines festen Körpers aber sehr deutlich wird.

Eisen verbrennt im Sauerstoffgas unter starker Lichtentwicklung und heftigem Funkensprühen, aber ohne Flamme, da es sowohl als auch das Produkt der Verbrennung nicht flüchtig ist; Phosphor hingegen zeigt hierbei die glänzendste Lichterscheinung, indem er sich vor der Verbrennung verflüchtigt, das Produkt der Verbrennung aber als ein nicht flüchtiger Körper in der Phosphorflamme schwebend bleibt. Wasserstoffgas verbrennt in Sauerstoffgas, obgleich hierdurch die stärkste Hitze hervorgerufen wird, fast ganz ohne Lichterscheinung; bringt man aber in die Flamme einen festen, nicht flüchtigen Körper, z. B. Kalk, so verbreitet die Flamme einen fast unerträglichen Lichtglanz. Aehnliche Erscheinungen zeigt die Flamme des brennenden Weingeistes, während die des Oeles, Fettes, Wachses u. s. w. sehr leuchtend ist, indem anfangs eine unvollkommene Verbrennung stattfindet und sich ein Theil Kohlenstoff abscheidet, der in der Flamme bis zum Glühen erhitzt wird und dadurch das Leuchten bedingt; setzt man zu dem Weingeist einen kohlenstoffreicheren Körper, z. B. Terpentinöl, so findet ebenfalls Abscheidung von Kohlenstoff und dadurch bedingtes Leuchten statt. Eine derartige Flamme zeigt drei verschiedene Theile, die man sowohl physisch als chemisch nachweisen kann, nämlich auf ersterem Weg dadurch, daß man in die Mitte der Flamme horizontal ein Stück eines feinen Metallnetzes hält, wobei man anfangs in der Mitte einen dunklen Punkt, um diesen herum einen stark leuchtenden, das Netz berußenden, und außerhalb dessen einen wenig leuchtenden Ring beobachten kann, welcher letztere aber die stärkste Hitze entwickelt, indem hier vollständige Verbrennung des abgeschiedenen Kohlenstoffes stattfindet; auf chemischem Weg erkennt man aber die Verschiedenheit der Flamme dadurch, daß der innere leuchtende Theil wegen seines Kohlenstoffgehaltes reducirend, der äußere Theil aber durch den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffgases oxydirend wirkt; hält man z. B. einen schmalen Streifen von schwachem Kupferblech in die Flamme einer Weingeistlampe, so wird an der äußeren Flamme das Kupfer bunt anlaufen, indem es oberflächlich in das eine oder andere Oxyd verwandelt wird, in der Mitte der Flamme aber metallglänzend bleiben, und wechselt man den Ort der Erhitzung, so wird sich auch die Farbenerscheinung den Flammentheilen entsprechend verändern. Führt man hingegen in die Mitte der Flamme einen starken Luftstrom, wie durch das Löthrohr, so ändert sich die Flamme um, indem nun in der Mitte die stärkste Verbrennung und Oxydation, außerhalb dieser aber das Leuchten und die Desoxydation stattfindet, worauf zum Theil die Anwendung des Löthrohrs bei chemischen Untersuchungen beruht.

§. 68. Die beim Verbrennen verschiedener Körper in Sauerstoffgas (und mehreren anderen diesem ähnlichen Stoffen) stattfindende Lichterscheinung ist bedingt durch die Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitäten, indem der das Verbrennen unterhaltende Stoff ein mit elektronegativer

Elektricität, der verbrennende aber ein mit elektropositiver Elektricität begabter Körper ist und bei der raschen chemischen Durchdringung solcher Stoffe die beiden Elektricitäten unter Lichterscheinung zu Wärme zusammentreten.

Wie der Sauerstoff, so können auch andere elektronegative Stoffe mit elektropositiven Stoffen unter starker Wärme- und Lichtentwicklung sich verbinden, und manche der ersteren zeigen eine kräftigere Anziehungskraft zu mehreren anderen der letzteren Gattung, daß sie sich schon, wie z. B. das Antimonium mit Chlor, bei gewöhnlicher Temperatur so rasch durchdringen, um die Ausgleichung der verschiedenen Elektricitäten bis zu prächtigen Lichterscheinungen zu steigern, während der Sauerstoff erst bei erhöhter Temperatur auf das sonst die mächtigste Anziehung zu ihm äußernde Kalium zündend wirkt. Die Lichterscheinungen bei der Verbindung des Sauerstoffes mit anderen Stoffen wurden von Lavoisier auf die Weise erklärt, daß diejenige Wärme, welche dem Sauerstoff die Gasform ertheile, bei der Verbindung mit anderen Körpern ausgeschieden werde, von anderen Naturforschern aber auf die Weise, daß die einfachen Stoffe eine von der in denselben enthaltenen Flüssigkeitswärme ganz unabhängige große Menge Wärme noch inniger gebunden enthalte und diese bei der Verbindung mit anderen Stoffen, die selbst wieder eine derartige Wärme gebunden enthalte, in Freiheit gesetzt wird.

§. 69. Alle Verbrennungserscheinungen, die beim Erhitzen verschiedener Körper unter Einfluß der atmosphärischen Luft stattfinden, sind bedingt durch den in derselben enthaltenen Sauerstoff und können, da hierbei dieser von dem verbrennenden Körper gebunden wird, nur dann fortgesetzt werden, wenn die entsauerstoffte atmosphärische Luft durch Zuströmen neuer ersetzt wird.

Die atmosphärische Luft ist, wie Bd. 3, S. 140 angeführt, ein Gemenge von Sauerstoffgas und Stickstoffgas und enthält in 100 Volumentheilen 21 V. Th. Sauerstoffgas und 79 V. Th. Stickstoffgas, durch welches letztere die energische Wirkung der ersteren wesentlich gemildert wird. Bei den gewöhnlichsten Verbrennungsprocessen, nämlich denen von Kohle und anderen Brennmaterialien (wie Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Weingeist u. s. w.) ist es der in dieser enthaltene Kohlenstoff (und Wasserstoff), welcher sich unter Wärme- und Lichtentwicklung mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft zu Kohlensäure (und Wasser) verbindet; wird der Zutritt der Luft theilweise oder gänzlich verhindert, so findet nur eine unvollkommene Verbrennung statt oder sie hört gänzlich auf und in ersterm Falle bilden sich aus zusammengesetzten neben Kohlenstoff auch Wasserstoff (und Sauerstoff) enthaltenden Brennmaterialien verschiedene Zersetzungsproducte, welche mit abgeschiedenem, sehr fein zertheiltem Kohlenstoff (Ruß) vermischt als Rauch entweichen, und sich zum Theil an kalten Gegenständen verdichten. Verschiedene Metalle, wie Zink, Blei, Zinn Antimon u. s. w. lassen sich bei Abschluß der Luft erhitzen und schmelzen, ohne daß (abgesehen von ihrer etwaigen Flüchtigkeit) eine Veränderung eintritt, während sie sich beim Erhitzen an der Luft mit einer pulverigen Substanz, das Produkt der Verbindung des Metalles mit dem atmosphärischen Sauerstoff, bedecken und nach und nach ganz darin verwandeln oder auch bei sehr gesteigerter Erhitzung mit Lichtentwicklung verbrennen. (Ueber andere Substanzen, welche unter gewissen Umständen den Sauerstoff der atmosphärischen Luft

aufnehmen und zur Untersuchung derselben benutzt werden, vergl. m. Bd. 3. S. 144—150.)

§. 70. Die Verbindung des Sauerstoffes mit anderen Stoffen kann auch durch solche Körper eingeleitet werden, welche reich an Sauerstoff sind und diesen nicht fest gebunden enthalten oder unter gewissen Bedingungen abgeben, und viele der einfachen Stoffe lassen sich nur durch solche Körper mit dem Sauerstoff verbinden, indem sie ihn in statu nascenti aufnehmen.

Salpetersäure (NO_5) entläßt an viele einfache und zusammengesetzte Körper einen Theil ihres Sauerstoffes, indem sie sich in Stickstoffoxydgas (NO_2) verwandelt: salpetersaures Kali (KO, NO_5) wirkt in erhöhter Temperatur auf ähnliche Weise, giebt aber allen Sauerstoff der Salpetersäure an den brennbaren Körper, und hinterläßt reines oder mit der verbrannten Substanz vermengtes Kaliumoxyd (KO) oder ein Kalisauerstoffsalz, während das ihm in der Zusammensetzung ähnliche chlorsaure Kali ($KO, Cl\,O_5$) zugleich den Sauerstoff des Kalis abgibt und Chlorkalium (KCl) bildet. Zink wirkt nicht auf reines Wasser (HO), während bei Gegenwart von Schwefelsäure letzteres zersetzt wird und sich der Sauerstoff mit dem Zink verbindet, der Wasserstoff aber gasförmig entweicht. Hinreichendes Kupferoxyd oder chlorsaures Kali gibt beim Erhitzen mit organischen Substanzen so viel Sauerstoff ab, daß der Kohlenstoff und Wasserstoff derselben in Kohlensäure und Wasser verwandelt werden (Elementaranalyse organischer Substanzen).

§. 71. Der chemische Proceß der Verbindung des Sauerstoffes mit den übrigen Stoffen heißt im Allgemeinen die Oxygenirung oder Verbrennung, im Speciellen aber Säuerung, wenn die Verbindung saurer Natur ist, und Oxydation, wenn sie nicht die Eigenschaften einer Säure hat; die entstehenden sauren Verbindungen, Sauerstoffmetalle oder Oxyde im Allgemeinen, werden Sauerstoffsäuren (Oxacides), die nichtsauren Verbindungen aber Oxyde genannt und zwar salzfähige Oxyde, wenn sie sich ohne Abscheidung von Radikal oder Sauerstoff mit den Säuren verbinden können (hieher gehören namentlich die Alkalien, alkalischen und reinen Erden und gewisse Oxydationsstufen der meisten schweren Metalle), oder Suboxyde, wenn sie weder die Eigenschaften einer Säure oder einer salzfähigen Basis haben, bei Aufnahme von mehr Sauerstoff aber in eine Säure oder Basis verwandelt werden (wohin die niederen Oxydationsstufen mehrerer nicht metallischer und vieler metallischer Stoffe gehören), und Superoxyde, wenn sie mehr Sauerstoff enthalten, als zur Bildung der Basis, und weniger, als zur Bildung der Säure erforderlich ist, enthalten (hieher gehören, mit Ausnahme des überoxydirten Wasserstoffes, nur Oxyde verschiedener Metalle). Manche Oxyde haben die Eigenschaft, sich in einigen Fällen, wie eine Säure, in anderen wie eine Basis zu verhalten; sie heißen dann amphotere Oxyde (hierher gehören fast nur Oxydationsstufen von Metallen und zwar solche mit vorwaltend saurer Natur). Der chemische Proceß der Trennung des Sauerstoffes von oxydirten Körpern wird die Desoxydation oder Reduction (Wiederherstellung) genannt.

Wenn ein Radikal mit verschiedenen Mengen Sauerstoff verschiedene Säuren bildet, so wird die stärkste Säure, welche auch meist die größte Menge Sauerstoff enthält, dadurch bezeichnet, daß man zu dem Worte des Radikals das Wort „Säure" fügt; die sauerstoffärmeren Säuren bezeichnet man aber dadurch, daß man entweder dem als Adjektiv gebrauchten Worte des Radikals den Anhängsel „ig" giebt oder das Wort „Unter" vorsetzt.

Die Sauerstoffverbindungen des Schwefels geben hierzu ein Beispiel; es bezeichnet nämlich:

Schwefelsäure	die	Verbindung	SO_3,
Unterschwefelsäure	"	"	S_2O_5,
Schwefelige Säure	"	"	SO_2,
Geschwefelte Unterschwefelsäure	"	"	S_3O_5,
Zweifach geschwefelte Unterschwefelsäure	"	"	S_4O_5 und
Unterschwefelige Säure	"	"	S_2O_2

Bildet hingegen ein Radikal noch eine höhere saure Orydationsstufe, als die stärkste Säure desselben Radikals ist, so wird diese Verbindung durch Vorsetzung des Wortes „Ueber" bezeichnet; z. B.

Unterchlorige Säure	ist	die	Verbindung	ClO,
Chlorige Säure	"	"	"	ClO_3,
Chlorsäure	"	"	"	ClO_5 und
Ueberchlorsäure	"	"	"	ClO_7.

Wenn ein Radikal mit Sauerstoff zwei verschiedene basische Oryde (die gewöhnlich durch Anfügung des Wortes „Oryd" an das des Radikals bezeichnet werden) bildet, so wird diejenige Verbindung, welche die geringere Menge Sauerstoff enthält, Orydul, die höhere Orydationsstufe aber Oryd genannt; so bezeichnet

Eisenorydul	die	Verbindung	FeO und
Eisenoryd	"	"	Fe_2O_3.

Manche Radikale bilden mit dem Sauerstoff sowohl basische und saure, als auch indifferente, d. h. als solche nicht zur Verbindung mit Säuren oder Basen geeignete Oryde; z. B.

MnO = Manganorydul, Mn_2O_3 = Manganoryd } basische Oryde,
MnO_2 = Mangansuperoryd, indifferentes Oryd,
MnO_3 = Mangansäure, Mn_2O_7 = Uebermangansäure } saure Oryde,
und
Fe_4O = Eisensuboryd, indifferentes Oryd,
FeO = Eisenorydul, Fe_2O_3 = Eisenoryd } basische Oryde,
FeO_3 = Eisensäure, saures Oryd.

§. 72. Da die Produkte der Verbrennung oder Orydation gewöhnlich von verschiedener chemischer Natur sind, so können sie sich auch meist unter einander wieder verbinden; eine solche, aus einer Säure und einer Basis bestehende Verbindung heißt ein Salz und zwar ein Sauerstoffsalz, da sowohl in der Säure, wie in der Basis Sauerstoff enthalten ist. Die Verbindungen zwischen Säure und Basis können in mehr als einem Verhältnisse stattfinden, wonach man neutrale, saure und basische Salze unterscheidet. Neutrale Salze sind solche, in denen sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure wie die Zahl der Sauerstoffäquivalente in der Basis zu der Zahl der Sauerstoffäquivalente in der Säure verhält, basische Salze aber solche, in welchen eine größere Menge Basis enthalten ist, und saure Salze diejenigen, in welchen sich eine größere Menge Säure als in dem neutralen Salz befindet, und die gewöhnlich statt des fehlenden Aequivalentes Basis ein Aequivalent Wasser enthalten. Dieses chemische gebundene Wasser wird das Haloidwasser oder Halhydratwasser, salinisches Wasser, Constitutionswasser, das die äußere Gestalt (und oft auch die Farbe) bedingende Wasser, welches die Salze häufig bei der Krystallisation aufnehmen,

das Krystallwasser genannt (Hydratwasser wird dasjenige Aequivalent Wasser genannt, welches zur Existenz einer Säure erforderlich ist und in den starken Basen, wie z. B. in den reinen Alkalien erst bei der Einwirkung von Säuren durch ein Aequivalent derselben vertreten wird.)

Früherhin betrachtete man nur diejenigen Körper als Säuren, welche in Wasser löslich sind, einen sauren Geschmack besitzen und die Eigenschaft haben, blaue Pflanzenfarben, namentlich die Veilchen und den blauen, ursprünglich rothen Farbestoff des Lakmus roth zu färben, als basische Körper aber solche, welche, wenn sie in Wasser löslich sind, laugenhaft schmecken und die Eigenschaft haben, blaue Pflänzenfarben grün, den gerötheteten Lakmusfarbstoff blau und den Farbstoff der Curcumäwurzel braun zu färben. Viele Säuren sind aber in Wasser unlöslich, ohne Geschmack und ohne Reaction auf Pflanzenfarben, während manche neutrale Salze, wie schwefelsaures Eisenoxyd, sauer schmecken und Lakmuspapier röthen; die Borsäure färbt den Curcumäfarbstoff braun, eine Eigenschaft, die auch (nebst einem laugenhaften Geschmack) die kohlensauren Alkalien besitzen, wonach also diese Eigenschaften nicht mehr zur strengen Charakterisirung einer Säure oder einer Basis dienen können. Ein neutrales Salz entsteht, wenn sich eine Quantität Basis mit derjenigen Menge Säure verbindet, in welcher die oben angegebene Menge Sauerstoff enthalten ist; so verbinden sich 47,115 Gew. Th. Kali (bestehend aus 39,115 Gew. Th. Kalium und 8,0 Gew. Th. Sauerstoff) mit 40,0 Gew. Th. Schwefelsäure (bestehend aus 16,0 Gew. Th. Schwefel und 24,0 Gew. Th. Sauerstoff) zu neutralem, mit 80,0 Gew. Th. Schwefelsäure (bestehend aus 32,0 Gew. Th. Schwefel und 48,0 Gew. Th. Sauerstoff) zu saurem schwefelsaurem Kali, wonach sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure in dem neutralen Salze wie 1 : 3 verhält, welches Verhältniß bei allen neutralen schwefelsauren Salzen vorkommt; z. B. das schwefelsaure Eisenoxyd besteht aus 80,0 Gew. Th. Eisenoxyd (aus 56,0 Gew. Th. Eisen und 24,0 Gew. Th. Sauerstoff zusammengesetzt) und 120 Gew. Th. Schwefelsäure (bestehend aus 48,0 Gew. Th. Schwefel und 72,0 Gew. Th. Sauerstoff), 24,0 Gew. Th. Sauerstoff des Eisenoxydes zu 72,0 Gew. Th. Sauerstoff der Schwefelsäure verhalten sich aber wie 1 : 3. Das Eisenoxyd kann auch basische Verbindungen mit der Schwefelsäure verbinden, welche aus 80,0 Gew. Th. des ersteren und 80,0 oder 40,0 oder 20,0 Gew. Th. der letzteren bestehen, nach den angegebenen Verhältnissen der Zusammensetzung der beiden Körper sich der Sauerstoff des Eisenoxydes zu dem der Schwefelsäure wie 3 : 6 oder 3 : 3 oder 3 : 1,5 verhält. Bei der Krystallisation des sauren schwefelsauren Kalis werden auf 127,115 Gew. Th. desselben 9 Gew. Th. Wasser aufgenommen und dieses bei der Behandlung mit einer größeren Menge Kali durch 1 Aequivalent oder 47,115 Gew. Th. Kali ersetzt, ist also Haloidwasser, während die 81,0 Gew. Th. Wasser, welche mit 200,0 Gew. Th. schwefelsaurem Eisenoxyd verbunden vorkommen können, nur Krystallwasser sind und zu ihrer Entfernung nur gelinde Erwärmung erforderlich ist (vergl. ein Weiteres unter §. 77). Das blaue schwefelsaure Kupferoxyd entläßt in der Wärme das Krystallwasser und zerfällt zu einem weißen Pulver.

Anmerkung. Auch die Verbindungen der metallischen Stoffe mit Chlor, Jod, Brom, Fluor, Schwefel und überhaupt denjenigen einfachen Stoffen, welche dem Sauerstoff analog sind, können sich unter einander

wieder zu salzartigen Körpern vereinigen, weßhalb man außer Sauerstoffbasen, Säuren und Salzen auch Chlor-, Schwefel- u. s. w. Basen, Säuren und Salze hat, die gewöhnlich in ihrer Zusammensetzung den Sauerstoffverbindungen entsprechen; so ist das Glaubersalz, bestehend aus Natron und Schwefelsäure (NaO, SO_3) ein Sauerstoffsalz, das Schlippe'sche Goldschwefelsalz, bestehend aus Schwefelnatrium und Schwefelantimon ($3 NaS, SbS_5$) ein Schwefelsalz, das Figuier'sche Goldsalz, aus Chlornatrium und Chlorgold ($NaCl, AuCl_3$) bestehend, ein Chlorsalz u. s. w. Derartige Salze, sowie auch die Sauerstoffsalze werden Amphidsalze, und die im Allgemeinen die Eigenschaften dieser Amphidsalze zeigenden binären Verbindungen des Chlors, Broms, Jods, Fluors u. s. w. Haloidsalze genannt.

§. 73. Die Salze können sich in vielen Fällen wieder unter einander zu Doppelsalzen verbinden, die gewöhnlich aus einerlei Säure und zweierlei Basen, seltener aus zweierlei Säuren und einer Basis und noch seltener aus verschiedenen Säuren und Basen bestehen. Solche Doppelsalze entstehen dann, wenn eins der in Verbindung tretenden Salze das Hydratwasser der Säure oder der Basis noch gebunden enthält, während kein Doppelsalz entsteht, wenn beide Salze noch das Hydratwasser enthalten. Das Hydratwasser wird bei der Bildung der Doppelsalze abgeschieden, während die ganze Menge des in dem einen der Salze enthaltenen Krystallwassers gewöhnlich in die neue Verbindung übergeht.

Doppelsalze sind die §. 58 angegebenen Alaunarten. Die schwefelsaure Magnesia krystallisirt aus ihrer wässerigen Lösung mit 7 Aequivalenten Wasser, wovon es beim Erhitzen bis zu 132° C. 6 Aequiv., das siebente Aequiv. aber, das Halhydratwasser, erst in höherer Temperatur, bei 238° entläßt; kommt ihre wässerige Lösung mit schwefelsaurem Kali (welches aus seiner Lösung wasserfrei krystallisirt) in Berührung, so bildet sich das Doppelsalz, welches beim Krystallisiren nur 6 Aequivalente Wasser aufnimmt und also das Halhydratwasser abgeschieden hat.

Anmerkung zum Sauerstoff. — Mit dem Namen Ozon wurde von Schönbein ein angeblich neuer Körper bezeichnet, welcher die Ursache des nach der Entladung elektrischer Säuren, des Blitzes u. dgl. auftretenden Geruches sein soll und sich bei der Zersetzung des Wassers durch einen hydroelektrischen Apparat theils dem Wasser, theils den entwickelten Gasarten mittheilt und diese in verschlossenen Gefäßen lange riechend erhält. Das ozonhaltige Sauerstoffgas verliert seinen Geruch durch Quecksilber, Zink, Eisen, Zinn, Blei, Antimon, Wismuth, Arsen und Kohle, polarisirt Oxydulsalze, Gold- und Platinstreifen negativ, zerstört alle Pflanzenfarben (weßhalb es bereits von Leuchs als ein ausgezeichnetes Bleichmittel angewendet wird) erregt eingeathmet Katarrh, zersetzt das Jodkalium, den Jodwasserstoff, das Bromkalium und den Schwefelwasserstoff und oxydirt alle oxydirbaren Metalle schon in der Kälte, verliert aber durch Erhitzen alle diese Eigenschaften und verhält sich dann wie gewöhnliches Sauerstoffgas. Marignac schloß bereits aus verschiedenen Versuchen, daß das ozonhaltige Sauerstoffgas nur eine eigenthümliche Modification des Sauerstoffes sei, was durch De la Rive bestätigt wurde, indem dieser durch aus chlorsaurem Kali sich entwickelnden Sauerstoffgas mittels einer Elektrisirmaschine einen Strom von Elektricität in der Art leitete, daß zwischen den in der Gasröhre eingeschmolzenen Platindrähten ein

Funken dem andern folgte, wobei er ein Gas erhielt, das alle Eigenschaften des Ozongases hatte, während nach dem Aufhören des elektrischen Stromes wieder unverändertes Sauerstoffgas auftritt.

II. Vom Wasserstoff.

Symb. und Aequivalent H = 1,0. Atomgew. 6,25 oder 1,0. Doppelatom **H** *) od. H_2 = 12,5 oder 2,0. Spec. Gew. 0,0688. Spec. Wärme 3,88. (Vergl. Bd. 3. S. 7—11.)

§. 74. Der Wasserstoff verbindet sich mit dem Sauerstoff, Chlor (nur mit diesen beiden unmittelbar und unter Feuererscheinung), Brom, Jod, Fluor, Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Selen, Tellur, Phosphor, Arsen und Antimon. Die Verbindungen sind mit Ausnahme der Sauerstoffverbindung bei gewöhnlicher Temperatur gewöhnlich gasförmig (nur wenige sind starr), lassen sich aber zum Theil durch starken Druck und bei niedriger Temperatur zu tropfbaren Flüssigkeiten verdichten und sind mehr oder minder leicht in Wasser löslich. Die Sauerstoffverbindung ist neutral, während die Verbindungen mit Chlor, Brom, Jod, Fluor (dem zusammengesetzten Cyan), Schwefel, Selen und Tellur in ihren wässerigen Lösungen sauer reagiren und deßhalb Wasserstoffsäuren genannt werden. Die Stickstoffverbindung, das Ammoniak, reagirt alkalisch und bildet mit 1 Aequiv. Wasser eine starke Salzbasis; die übrigen Wasserstoffverbindungen sind von indifferenter oder schwach alkalischer Beschaffenheit.

Anmerkung. Die sog. Wasserstoffsäuren werden im Allgemeinen durch Metalle und Metalloxyde zersetzt, indem dabei eine Verbindung des Metalles mit dem Radikal gebildet und Wasserstoff abgeschieden oder Wasser erzeugt wird. Diese Eigenschaft äußern sie auch in ihren sauer reagirenden wässerigen Lösungen, indem sie zum Theil Metalle oder Metalloxyde neben Entwicklung von Wasserstoffgas oder Bildung von Wasser lösen und den Sauerstoffsäuren ähnliche Erscheinungen hervorzurufen scheinen; da es aber nicht der Wasserstoff, sondern das Radikal ist, welches das saure Verhalten gegen Basen bedingt, so ist die Bezeichnung „Wasserstoffsäure" eine unpassende. Die bei der Einwirkung der Wasserstoffsäuren entstehenden binären Verbindungen von Radikal und Metall werden Haloidsalze (vergl. §. 72) genannt.

Wasserstoff und Sauerstoff.

§. 75. Der Wasserstoff verbindet sich mit dem Sauerstoff in zwei verschiedenen Verhältnissen, nämlich zu gleichen Aequivalenten das Wasserstoffoxyd oder Wasser, HO, und mit der doppelten Menge Sauerstoff das Wasserstoffsuperoxyd oder oxydirte Wasser, HO_2, darstellend.

Ein Wasserstoffsuboxyd, H_2O, ist zur Zeit noch unbekannt, soll sich aber nach Kastner bilden, wenn Schwefelwasserstoffwasser mit verschiedenen Metallen in Berührung gesetzt wird, welche den Schwefel stark anziehen.

Wasserstoffoxyd, Wasser. (Vergl. Bd. 3, S. 102—139.)

11,11	—	1,0	Wasserstoff	1 Vol.	Wasserstoffgas
88,89	—	8,0	Sauerstoff	1/2 Vol.	Sauerstoffgas
100,00	—	9,0	Wasser.	1 Vol.	Wasserdampf.

Symb. und Aequiv. HO (Aq.) = 9,0 Atom. **H** O (H_2O).

---

*) Anmerk. Bei der atomistischen Zeichensprache bedienen sich mehrere Chemiker, um Doppelatome zu bezeichnen, eines Striches, welcher den Buchstaben in der untern Hälfte durchschneidet.

§. 76. Das Wasser ist das Produkt der Vereinigung von 2 Maaß Wasserstoffgas und 1 Maaß Sauerstoffgas (zu 2 Maaß Wassergas verdichtet); diese Verbindung findet statt, wenn beide unter Einfluß von Wärme, Elektricität und gewisser Körper, welche dabei selbst keine Veränderung erleiden, bei starkem Druck und mittelbar als Nebenprodukt bei vielen Processen, bei denen gleichzeitig Wasserstoff und Sauerstoff entwickelt werden und im statu nascenti mit einander in Berührung kommen.

Wird ein Strom von Wasserstoffgas an der Luft entzündet, so brennt es mit wenig leuchtender Flamme aber ungemein starker Wärmeentwicklung; das Produkt dieser Verbrennung ist Wassergas, welches sich an kalten Gegenständen zu tropfbar-flüssigem Wasser verdichtet; wird über die Flamme des Wasserstoffgases eine Glasröhre, ein Kolben oder dergl. gestürzt, so läßt sich häufig ein anhaltender, nach der Form und Stärke der Glasgeräthe verschiedener Ton hören (chemische Harmonica), während zugleich die innere Wand das Gefäß mit Wasser beschlägt. Sowohl das nach der atmosphärischen Luft ausströmende, als auch das mit dem halben Volumen Sauerstoffgas oder dem doppelten Volumen atmosphärischer Luft vermengte Wasserstoffgas läßt sich durch den elektrischen Funken entzünden; geschieht dieses in einem verschlossenen Gefäß, so wird dasselbe meist zerschmettert, indem sich durch die starke Wärmeentwicklung das gebildete Wassergas ungemein stark ausdehnt; in einem nur mit einem Pfropfen verschlossenen Gefäß, z. B. in einem Blechcylinder, wird jener mit starker Kraft hinweggeschleudert (Luftpistole). Die Verbindung erfolgt unter einer starken Explosion, daher das Gasgemische Knallgas genannt wird. Das Knallgas oder in die Luft ausströmendes Wasserstoffgas entzündet sich auch in Berührung mit Platin, welches die Form von spiralförmig aufgewundenem Draht, feiner Feile oder Blech hat, insbesondere aber von schwammiger Beschaffenheit ist (wie man es durch Glühen des Chorplatinammoniums erhält) oder als sog. Platinmohr, bei wenig erhöhter oder gewöhnlicher Temperatur und auch noch unter dem Gefrierpunkt des Wassers (Döbereiner'sches Feuerzeug), wobei namentlich das schwammige Platin erst in's Glühen kommt und in diesem Zustand die Entzündung des Wasserstoffgases bedingt, der Platinmohr aber augenblicklich entflammt. Dem Platin ähnlich wirken der Iridschwamm und Iridmohr, Palladium als Feile oder Blech, Osmiumschwamm, Rhodiumschwamm erst bei 240°, Goldblech bei 260°, Silberblech noch unter dem Siedpunkt des Quecksilbers, durch Reduktion des Oxydes dargestelltes Kupfer bei 264°, Kohle im dunkelglühenden Zustand und verschiedene pulverige Körper bei erhöhter Temperatur. — Das Knallgas entzündet sich auch beim raschen Zusammenpressen in einer eisernen Röhre unter Zersprengung derselben, verbindet sich aber noch nicht bei einem langsam bis zu 50 Atmosphären gesteigerten Druck. — Wasser wird ferner erzeugt, wenn organische Substanzen der trocknen Erhitzung unterworfen werden oder in Verwesung übergehen und manche in Zersetzung begriffene und mit Wasser bedeckte Körper, wie z. B. Erbsen oder Spelzkörner, können sogar die langsame Verbindung von vorhandenem Knallgas bedingen (Wasser selbst soll bei lang andauernder Berührung mit Knallgas die Verbindung desselben bedingen).

§. 77. Das Wasser verbindet sich chemisch nur mit einigen einfachen Stoffen, aber mit den meisten binären Sauerstoffverbindungen und den

Sauerstoffsalzen, so wie auch mit den meisten organischen Körpern. In der Verbindung mit den unorganischen Stoffen spielt es eine doppelte Rolle, indem es sich entweder mit den binären Sauerstoffverbindungen, den Säuren und Basen, in derselben Weise verbindet, wie die Basen und Säuren vereinigt, und dann das Hydratwasser darstellt, oder sich mit Sauerstoffsalzen (auch Verbindungen erster Ordnung) nur in so fern verbindet, als es deren Form zu bestimmen scheint, wo es Krystallwasser genannt wird (vergl. ein Weiteres und über Halhydratwasser der Sauerstoffsalze unter §§. 72 und 73).

Als Verbindungen des Wassers mit einfachen Stoffen kennt man nur das Chlor- und Bromhydrat (Cl oder Br, 10 HO), bei welchen die Rolle, welche das Wasser spielt, noch nicht erforscht ist.

§. 78. Die binären Verbindungen, welche Wasser gebunden enthalten, geben dieses nur schwierig oder gar nicht in der Hitze ab, während die wasserhaltigen Sauerstoffsalze schon bei 100^0 zersetzt werden und nur dasjenige Wasser, welches als Hydratwasser mit in die Verbindung übergeführt worden ist, in einer höheren Temperatur erst entlassen. Verlieren die Salze schon bei gewöhnlicher Temperatur nach und nach ihr Wasser, wobei sie gewöhnlich zu Pulver zerfallen, so heißen sie verwitternde oder fatiscirende Salze; schmelzen sie bei erhöhter Temperatur d. h. lösen sie sich dabei in ihrem Krystallwasser, so kommen sie in den wässerigen Fluß, werden mit der Entfernung des Wassers immer mehr und mehr zähe, zuletzt fest, worauf mehrere bei starker Erhitzung wiederum schmelzen und in den feurigen Fluß kommen. Manche Salze entlassen ihr Wasser unter Beibehaltung ihrer Gestalt, wenn sie erhitzt oder in Flüssigkeiten getaucht werden, welche das Wasser stark anziehen, aber das Salz selbst nicht lösen.

Die erste Verbindung der Schwefelsäure mit Wasser (SO_3, HO) läßt sich nicht durch Erhitzung zersetzen, sondern verdampft als Ganzes; sie bildet sich, was als Charakter einer stattfindenden chemischen Verbindung betrachtet wird, unter Wärmeentwicklung; ein Gleiches geschieht, wenn Kali mit Wasser in Berührung gesetzt wird, wobei Kalihydrat (KO, HO) entsteht, welches das Wasser so fest gebunden enthält, daß es feurigem Fluß ausgesetzt werden kann. Wirken aber Schwefelsäurehydrat und Kalihydrat auf einander, so wird sowohl das Wasser des ersteren wie das des letzteren abgeschieden und in der Schwefelsäure das Wasser durch ein Aequiv. Kali oder in diesem durch ein Aequiv. Säure vertreten; die neue Verbindung krystallisirt ohne Wasser. Ein Beispiel von Aufnahme des Hydratwassers in das Salz ist die schwefelsaure Magnesia (vergl. §. 73.) Krystallisirter Borar (NaO, 2 BO_3, 10 Aq.) schmilzt beim Erhitzen in dem Krystallwasser, wird dann fest und schmilzt im wasserfreien Zustand bei höherer Temperatur zu einer glasigen Masse. Kohlensaures Natron (NaO, CO_2, 10 Aq.) entläßt sein Krystallwasser schon an trockener Luft und zerfällt zu einem weißen Pulver, gehört daher zu den verwitternden Salzen. Doppeltkohlensaures Kali verliert in der Hitze sein Wasser, ohne die Form zu verändern, und krystallisirtes schwefelsaures Eisenoxydul wird durch Einlegen in Weingeist durch dessen wasseranziehende Kraft in einen undurchsichtigen verwitterten Zustand übergeführt. Manche Salze haben die Eigenschaft, beim Erhitzen zu verknistern, d. h. unter einem mehr oder minder starken Geräusch zu zerspringen, was dadurch bedingt ist, daß sie beim Festwerden in die Zwischenräume der Krystalle etwas Wasser aufnehmen,

welches durch die Erhitzung in Dampf verwandelt wird, der durch das Zerspringen der Hülle das Geräusch verursacht (mehrere wasserfreie Mineralien zeigen dieselbe Eigenschaft, die dann wahrscheinlich durch Einschließen einer sehr comprimirten Gasart bedingt ist). Dieses eingeschlossene Wasser wird das Decrepitationswasser genannt.

§. 79. Das Wasser ist ein Lösungsmittel für mehrere einfache Stoffe (Chlor, Brom und Jod), die meisten Säuren, die Alkalien, viele Salze, Doppelsalze und organische Verbindungen, ohne sich chemisch mit ihnen zu verbinden. Alle Gasarten werden von dem Wasser in verschiedener und vom Druck und von Temperatur abhängender Menge aufgenommen: die Lösung derselben heißt die Absorption und hat mehr oder minder die Eigenschaften des gelösten Gases, wird aber schon durch verminderten Druck, Temperatur-Erhöhung oder Erniedrigung und durch Hinzukommen nichtgasförmiger, in Wasser löslicher oder rauher Körper wieder aufgehoben; sie hat gewöhnlich ein größeres, seltener ein kleineres spec. Gewicht als das reine Wasser. Die Mengung flüssiger Körper mit Wasser heißt Verdünnung, wobei aber oft ein Uebergang von der chemischen Verbindung zur Lösung stattfindet; sie findet theils mit Erhöhung theils mit Erniedrigung der Temperatur statt und zeigt ebenfalls, aber in stärkerem Grade, die Eigenschaften der aufgenommenen Substanz und wird entweder durch Erhitzung, indem das Wasser oder die aufgelöste Substanz leichter flüchtig ist, oder durch Berührung mit Körpern, welche das Wasser begierig anziehen oder darin sehr leicht, aber nicht in der aufgenommenen Substanz löslich sind, aufgehoben. Die meisten in Wasser löslichen festen Körper werden in verschiedenen, mit der Temperatur zunehmenden Mengen von dem Wasser aufgenommen, was im Allgemeinen die Lösung heißt; hierbei findet oft eine starke Erniedrigung, seltener eine Erhöhung der Temperatur statt; der Punkt, bei welchem das Wasser unter einer gegebenen Temperatur nichts mehr lösen kann, heißt der Sättigungspunkt. Die Lösung hat meist ein größeres spec. Gewicht, als die Rechnung im Mittel ergiebt, siedet bei einer höheren Temperatur als reines Wasser, gefriert auch nicht so leicht als dieses, und wird aufgehoben, wenn die Temperatur erniedrigt oder das Wasser, welches im reinen Zustand verdampft (wenn der aufgelöste Körper nicht flüchtig ist), durch Erhitzung verdunstet wird, was das Concentriren heißt; der Punkt, bei welchem die Ausscheidung des aufgelösten Körpers statt findet, heißt im Allgemeinen der Erstarrungspunkt, Krystallisationspunkt aber, wenn der aufgelöste Körper in bestimmten Formen anschießt. Verschiedene Körper äußern eine so große Anziehungskraft zum Wasser, daß sie dasselbe aus der Luft anziehen; sie heißen dann hygroskopische Körper und, wenn sie dabei zerfließen, deliquescirende Körper. Verschiedene Lösungen, namentlich die der Salze, haben die Eigenschaft, im gesättigten Zustande noch verschiedene Mengen anderer Salze aufzunehmen.

L. Gmelin betrachtet sämmtliche Lösungen der Gase in Wasser als chemische Verbindungen, während nach Dalton's Ansicht die Gasatome in den Poren des Wassers vertheilt werden. Mehrere vom Wasser absorbirte Gasarten, wie z. B. Kohlensäure, entweichen zum Theil, wenn die Lösung mit rauhen Körpern, wie Zucker, Sand u. s. w., in Berührung kommen (Moussiren des ruhigen Selterswassers oder Champagnerweins beim Einwerfen von Zucker). Das mit Salzsäuregas gesättigte Wasser ist spec. schwerer, das mit Ammoniakgas gesättigte spec. leichter als reines Wasser. — Weingeist läßt sich in allen Verhältnissen mit Wasser vermischen; bei der Destillation dieses Gemisches geht

der Weingeist früher als das Wasser über: setzt man kohlensaures Kali zu dem Gemische von Wasser und Weingeist so zieht jenes das Wasser an und der Weingeist wird abgeschieden. Wird Schwefelsäurehydrat nach und nach mit Wasser verdünnt, so bilden sich anfangs Hydrate mit mehr Wasser und zuletzt entsteht erst Verdünnung. — Nur einige Salze zeigen bei der Lösung eine constante Vergrößerung der Löslichkeit mit der Zunahme der Temperatur, wie z. B. 100 Th. Wasser bei 0° 29,23 Th. Chlorkalium und für jeden darüber liegenden Grad 0,2738 Th. mehr aufnehmen, während viele andere in einem rascheren Verhältnisse löslich sind und bei einigen, wie z. B. beim schwefelsauren Natron die größte Löslichkeit bei 33° liegt und sie von hier an wieder abnimmt und einige andere Körper überhaupt um so weniger löslich sind, je höher die Temperatur ist, wie z. B. das in der Kälte bereitete gesättigte Kalkwasser sich beim Erwärmen trübt und in der Siedhitze einen Niederschlag gibt, der sich beim Abkühlen wieder vollständig löst. Verschiedene Salze, besonders ein Gemische mehrerer, verursachen bei der Lösung eine so starke Temperaturerniedrigung, daß sie Wasser in Eis verwandeln; solche Salzgemische heißen Kaltmachende oder Frostmischungen (z. B. 5 Th. Salmiak und 5 Th. Salpeter mit 16 Th. Wasser oder 11 Th. Salmiak, 10 Th. Salmiak und 16 Th. krystallisirtes Glaubersalz mit 32 Th. Wasser in einem hölzernen Gefäß angerührt, bringen eine so starke Temperaturerniedrigung hervor, daß größere Mengen hineingetauchter wässeriger Flüssigkeiten stark abgekühlt oder zum Gefrieren gebracht werden). Zucker zieht aus der Luft Feuchtigkeit an, ohne zu zerfließen, und entläßt das Wasser wieder beim Erwärmen, gehört demnach zu den hygroskopischen Körpern, während kohlensaures Kali so viel Wasser aus der Luft anzieht, daß es sich in eine ölartige Flüssigkeit verwandelt, und ist demnach ein deliquescirender oder zerfließender Körper. — Wässerige gesättigte Lösungen von Salmiak oder Salpeter können noch eine bedeutende Menge von Salpeter oder Salmiak aufnehmen.

§. 80. Das Wasser wird durch Elektricität und überwiegende Affinitäten zersetzt, wobei es entweder in seine Bestandtheile zerfällt oder einen derselben an den einwirkenden Körper abgiebt oder beide mit zusammengesetzten Körpern in neue Verbindungen eintreten.

Leitet man einen elektrischen Strom durch Wasser, besonders durch solches, welches Spuren von Salzen gelöst enthält, so zerfällt es in am negativen Pol auftretendes Wasserstoffgas und am positiven Pol sich ansammelndes Sauerstoffgas (vergl. in der Physik). Die Alkalimetalle zersetzen das Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur, Kohlenstoff, die Erdmetalle, Mangan, Eisen, Zink, Cadmium, Kobalt, Nickel, Zinn, Chrom, Uran und Molybdän in schwacher, und Kupfer, Blei, Wismuth und Antimon in starker Glühhitze, indem sie sich oxydiren und Wasserstoffgas auftritt. Sind Säuren vorhanden, so zersetzen die Erdmetalle, das Mangan, Eisen, Zink, Cadmium, Kobalt, Nickel und Zinn das Wasser bei gewöhnlicher oder wenig erhöhter Temperatur. — Wenn Chlor unter Einfluß des Lichtes oder in der Glühhitze auf Wasser wirkt, so nimmt es den Wasserstoff auf und Sauerstoff wird in Freiheit gesetzt. — Phosphor verbindet sich mit beiden Elementen des Wassers, indem einerseits Phosphorwasserstoff, anderseits unterphosphorige Säure entsteht. Bei der Einwirkung von Chlorphosphor auf Wasser entsteht ebenfalls diese Säure und Salzsäure u. s. w.

Wasserstoffsuperoxyd, oxydirtes Wasser.

5,88	—	1,0	Wasserstoff
94,12	—	16,0	Sauerstoff
100,00	—	17,0	Wasserstoffsuperoxyd.

Symb. und Aequiv. $HO_2 = 17,0$. Atom. HO_2 (H_2O_2).

§. 81. Das von Thenard im Jahr 1818 entdeckte Wasserstoffsuperoxyd bildet sich nur, wenn Sauerstoff im Moment seines Freiwerdens mit Wasser in Berührung kommt, namentlich wenn wässerige Säuren auf die Superoxyde der Alkali- und Erdalkalimetalle (vielleicht auch auf Mangansuperoxyd und Bleisuperoxyd) wirken; der durch die Säuren abgeschiedene überschüssige Sauerstoff tritt an das Wasser und verwandelt einen Theil desselben in Wasserstoffsuperoxyd.

Thenard's Methode der Darstellung des Wasserstoffsuperoxydes ist umständlich; es soll durch Eis abgekühltes Wasser zu wiederholten Malen mit Barysumsuperoxyd und Salzsäure behandelt und zur Entfernung des Chlorbaryums mit Schwefelsäure gefällt, hierauf zur Entfernung der aus dem Baryumsuperoxyd aufgenommenen Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd u. s. w. mit wenig Phosphorsäure und hierauf wieder mit etwas Baryumsuperoxyd behandelt, dann die Flüssigkeit mit Schwefelsäure und hierauf mit schwefelsaurem Silberoxyd (zur Entfernung des Baryts und der Salzsäure) gefällt und (zur Entfernung der Schwefelsäure) mit Aetzbarytbrei in Berührung gesetzt, der Gehalt von Baryt vorsichtig durch verdünnte Schwefelsäure entfernt und die helle Flüssigkeit im luftleeren Raum über Schwefelsäure verdunstet werden. Einfacher ist die von Pelouze angegebene Methode, indem man Baryumsuperoxyd mit wässeriger Fluorwasserstoffsäure oder Kieselfluorwasserstoffsäure unter Abkühlung in Berührung setzt und die von dem Fluorbaryum oder Kieselfluorbaryum abfiltrirte Flüssigkeit im luftleeren Raum über Schwefelsäure verdunstet.

§. 82. Das Wasserstoffsuperoxyd ist tropfbar-flüssig und von 1,452 spec. Gewicht, wird bei — 30° noch nicht fest, verdampft im luftleeren Raum bei gewöhnlicher Temperatur, doch schwieriger als Wasser, ist ohne Geruch und von herb bitterem Geschmack, wirkt auf die Haut mit vorübergehend stechendem Gefühl zerstörend und macht dieselbe weiß und schuppenartig, röthet nicht Lakmus, sondern bleicht allmählig Lakmus- und Curcumäpapier; es mischt sich in allen Verhältnissen mit Wasser und wässerigen Säuren, wodurch es minder leicht zersetzbar wird.

Auf Pflanzenfarben bleichend wirkende (vielleicht Wasserstoffsuperoxydhaltige) Flüssigkeiten erhält man bei der Einwirkung wässeriger Schwefelsäure auf Mangan- oder Bleisuperoxyd.

§. 83. Das Wasserstoffsuperoxyd ist ungemein leicht zersetzbar und entläßt zum Theil sein 475faches Volumen Sauerstoffgas oft mit großer, ein lebhaftes Brausen oder eine Explosion verursachender Schnelligkeit mit Wärmeentwicklung (zuweilen im Dunklen auch unter Lichtentwicklung), zum Theil auch mit oder ohne Gasentwicklung an andere Substanzen. Veranlassung zu diesen Zersetzungen sind der elektrische Strom, Temperaturerhöhung und Berührung mit gewissen Körpern, die entweder unverändert bleiben oder den überschüssigen Sauerstoff des Superoxydes ganz oder theilweise aufnehmen oder neben dem aus dem Superoxyd entwickelten Sauerstoff auch ihren eigenen abgeben.

Durch den elektrischen Strom wird das Wasserstoffsuperoxyd wie das Wasser zersetzt, nur daß eine größere Menge Sauerstoffgas auftritt. — Es zersetzt sich langsam bei Frostkälte, und bei 20° C. entwickelt es schon

deutlich Sauerstoffgas (weßhalb starke Abkühlung bei seiner Bereitung) und bei rascher Erhitzung bis auf 100° kann die Entwicklung desselben in eine Art Explosion übergehen. — Ohne eigene Veränderung wirken auf das Wasserstoffsuperoxyd zersetzend, rasch: Kohle, fein zertheiltes Silber, Gold, Platin, Irid, Palladium, Rhodium und Osmium, Manganoxyd und Superoxyd, Kobaltoxyd und Bleioxyd; mäßig stark: Quecksilber, Bleifeile, Wismuthpulver und Manganpulver, Eisenoxydhydrat, Kali- und Natronhydrat, Magnesiahydrat und Nickeloxydhydrat, Blutfaserstoff und das ausgewaschene Parenchym der Lunge, Niere und Milz (flüssiges und geronnenes Eiweiß, Thierleim und Harnstoff wirken nicht zersetzend); sehr schwach: Kupfer, Nickel, Kobalt und Cadmium, Eisenoxyd, Nickeloxyd, Kupferoxyd, Wismuthoxyd und Magnesia; noch schwächer: Kohlensaures Natron, doppelt kohlensaures Kali, schwefelsaures Manganoxydul, Zinkoxyd, Eisenoxydul und Kupferoxyd, Chlorammonium, die Chloride der Alkali- und Erdalkalimetalle, Chlorantimon, Chlormangan und salpetersaures Manganoxydul, Kupferoxyd, Quecksilberoxydul und Silberoxyd. Allen Ueberschuß des Sauerstoffes nehmen auf und verwandeln sich dabei: schwefelige Säure in Schwefelsäure, Schwefelwasserstoffwasser in Wasser, Schwefel und etwas Schwefelsäure, Jodwasserstoff in Wasser und Jod, die wässerigen Lösungen der erdigen Alkalien in niederfallende Superoxydhydrate, und Zinnoxydulhydrat in Zinnoxydhydrat. Einen Theil des überschüssigen Sauerstoffes entwickeln, während sie sich mit dem andern Theil verbinden: Selen zu Selensäure, Kalium oder Natrium zu Kali oder Natron, Arsen zu Arsensäure, Molybdän zu Molybdänsäure, Wolfram zu Wolframsäure, Chrom zu Chromsäure, Zink zu Zinkoxyd, Barythydrat zu Baryumsuperoxydhydrat, Kupferoxydhydrat zu dem gelben Hydrat eines höheren Oxydes, Manganoxydulhydrat zu Superoxydhydrat, Eisenoxydulhydrat zu Oxydhydrat, arsenige Säure zu Arsensäure, Schwefelmolybdän oder Schwefelarsen zu Schwefelsäure und Molybdänsäure oder Arsensäure, die Schwefelmetalle von Antimon Blei, Eisen und Kupfer zu schwefelsauren Salzen, Jodbaryum zu jodsaurem Baryt. Mit dem ganzen überschüssigen Sauerstoff des Superoxydes entwickeln auch noch ihren eigenen Sauerstoff und verwandeln sich hierbei: Platinoxydhydrat, Goldoxyd, Silberoxyd und Quecksilberoxyd zu Metall, braunes und rothes Bleioxyd zu gelbem Bleioxyd. Verschiedene Pflanzenstoffe und pflanzensaure Salze, wie Weingeist, Campher, Olivenöl, Sandarakharz, Holzfaser, Stärkmehl, Gummi, Zucker, Mannit, essigsaures und oxalsaures Kali bewirken zwar keine raschere Gasentwicklung des Wasserstoffsuperoxydes, als dasselbe für sich zeigt, das auftretende Gas ist aber mit kohlensaurem Gas vermengt.

III. Vom Stickstoff.

Symb. und Aequiv. N = 14,0. Atomengew. 87,5 oder 7,0. Doppelatom = $\bar{N}$ oder N_2 175,0 oder 14,0. Spec. Gew. 0,976. Spec. Wärme 0,2733.

(Vergl. Bd. 3, S. 11—13.)

§. 84. Der Stickstoff hat sowohl zu den elektropositiven Stoffen, wie Wasserstoff, als auch zu den elektronegativen Stoffen, wie Sauerstoff, wenig und schwache Affinität und läßt sich überhaupt nur im Moment seines Freiwerdens mit ihnen verbinden. Der vorzüglichste Charakter des reinen Stickstoffes ist seine chemische Indifferenz und der seiner meisten Verbindungen,

daß sie durch geringe Veranlassungen, z. B. durch Stoß, sehr plötzlich aufgehoben und dabei die heftigsten Detonationen hervorgebracht werden. Die Verbindungen mit den nichtmetallischen Stoffen sind theils gasförmig (Ammoniak), theils flüssig, theils und gewöhnlich fest; die gasförmigen lassen sich durch starken Druck oder Temperaturerniedrigung in den flüssigen Zustand überführen; sie sind theils saurer, theils basischer, theils indifferenter Natur. Mit mehreren Metallen bildet der Stickstoff starre Verbindungen, die sog. Stickstoffmetalle (Azotures), die noch leichter zersetzbar und keiner weiteren chemischen Verbindung fähig sind.

Stickstoffgas und Wasserstoffgas oder Sauerstoffgas im trockenen Zustand mit einander wirken weder für sich noch bei dem Einfluß der Elektricität auf einander; läßt man aber durch ein mit Wasserdämpfen geschwängertes Gemische von Stickstoffgas und Sauerstoffgas anhaltend elektrische Funken schlagen, so bildet sich Salpetersäure, und wird ein Gemische aus Stickstoffgas, Sauerstoffgas und Wasserstoffgas durch den elektrischen Funken entzündet, so bildet sich neben Wasser auch Salpetersäure und Ammoniak. Wird Ammoniakgas (H_3N) mit überschüssiger atmosphärischer Luft (N_2O!) gemischt über erhitzten Platinschwamm geleitet, so zerfällt ersteres in seine Bestandtheile, die im Moment ihres Freiwerdens sich mit den Elementen der Luft zu Salpetersäure und Wasser verbinden, während Stickstoffgas entweicht. Wird Kalihydrat (KO, HO) mit Eisen und Salpeter (KO, NO_5) vermengt erhitzt, so orydirt sich das Eisen auf Kosten des Hydratwassers und der Salpetersäure und der freiwerdende Stickstoff der letzteren verbindet sich mit dem Wasserstoff des ersteren zu Ammoniak. (Ein Weiteres vergl. unter Salpetersäure und Ammoniak.)

Stickstoff und Sauerstoff.

§. 85. Der Stickstoff kann sich mit dem Sauerstoff unter besonderen Umständen, aber ohne bemerkbare Licht- oder Wärmeentwicklung, in 5 verschiedenen Verhältnissen verbinden und damit zwei indifferente Oxyde, das Stickstoffoxydul (NO) und Stickstoffoxyd (NO_2), und drei saure Oxyde, die salpetrige Säure (NO_3), Untersalpetersäure (NO_4) und Salpetersäure (NO_5), darstellen.

Früherhin wurde von einigen Chemikern angenommen, daß die atmosphärische Luft (vergl. §. 69) ebenfalls eine Oxydationsstufe des Stickstoffes sei, womit die Thatsache sehr übereinstimmend ist, daß sie in solchen fast unveränderlichen Gewichtsverhältnissen aus Stickstoff und Sauerstoff besteht, um hiernach ihre chemische Zusammensetzung durch die Formel N_2O auszudrücken.

Stickstoffoxydul. (Vergl. Bd. 3, S. 139 und 140.)

63,6	14,0 Stickstoff	1 Vol. Stickstoffgas
36,4	8,0 Sauerstoff	1/2 „ Sauerstoffgas
100,0	22,0 Stickstoffoxydul	1 Vol. Stickstoffoxydulgas.

Symb. und Aequiv. NO = 22,0 Atom. NO (N_2O).

§. 86. Das Stickstoffoxydul bildet sich nur bei der Desoxydation höherer Oxydationsstufen des Stickstoffes, z. B. bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoff, Schwefelkalium, feuchter Eisen- oder Zinkspäne, Schwefeleisenhydrat, wasserhaltigen schwefeligsauren Salzen oder Zinnchlorür auf Stickstoffoxyd; ferner beim Lösen verschiedener Metalle in Salpetersäure und bei der Erhitzung des salpetersauren Ammoniaks.

Ein sehr reines Stickstoffoxydulgas soll nach Pleischl erhalten werden, wenn man Zink mit Salpetersäure von 1,2 spec. Gewicht, die aber

zuvor mit ihrem gleichen Gewicht oder mehr Wasser verdünnt worden ist, übergießt; chlorhaltiges oder mit Stickstoffoxydgas verunreinigtes Stickstoffoxydulgas wird durch nach einander folgende Behandlung mit Kalilauge (welche das Chlorgas absorbirt) und Eisenvitriollösung (welche das Stickstoffoxydgas aufnimmt) gereinigt.

§. 87. Das Stickstoffoxydulgas zerfällt beim anhaltenden Elektrisiren oder beim Leiten durch eine glühende Porzellanröhre unter Bildung von wenig Untersalpetersäure in Stickstoffgas und Sauerstoffgas, giebt mit Wasserstoffgas vermischt und durch den elektrischen Funken entzündet oder mit Platinschwamm in Berührung gesetzt, Wasser und Stickstoffgas, mit Ammoniakgas, Kohlen-, Phosphor- oder Schwefel-Wasserstoffgas vermischt und elektrisirt oder durch eine glühende Porzellanröhre geleitet, Stickstoffgas, Wasser- und Kohlensäure, Phosphorsäure oder schwefelige Säure, verpufft mit Kohlenoxydgas vermischt durch den elektrischen Funken und entläßt überhaupt an alle Körper, welche eine große Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, diesen bei passender Temperatur und zwar zuweilen unter lebhafter Verbrennung.

Kohle, Bor, Phosphor, Schwefel, Kalium, Natrium und Eisen mehr oder minder stark erhitzt, verbrennen lebhafter im Stickstoffoxydulgas, als in der atmosphärischen Luft, und die erwähnten Metalle, namentlich aber eine erhitzte Stahlfeder, fast eben so lebhaft, als in reinem Sauerstoffgas.

Stickstoffoxyd, Salpetergas.

46,67	14,0 Stickstoff	1 Vol.	Stickstoffgas
53,33	16,0 Sauerstoff	1 „	Sauerstoffgas
100,00	30,0 Stickstoffoxyd:	2 Vol.	Stickstoffoxydgas.

Symb. und Aequiv. NO_2 = 30,0. Atom. $\text{Ṅ}O_2$ (N_2O_2).

§. 88. Das von Hales entdeckte Stickstoffoxydgas bildet sich bei der Desoxydation der salpetrigen Säure, Untersalpetersäure oder Salpetersäure durch Phosphor, Schwefel, Kohle, organische Substanzen und sehr viele Metalle bei mehr oder minder erhöhter Temperatur und beim Leiten von Ammoniakgas über glühenden Braunstein oder calcinirten Eisenvitriol.

Kupfer, Wismuth, Blei, Silber oder Quecksilber wird mit wässeriger Salpetersäure (NO_5) übergossen, wobei die Metalle aus der Säure $^3/_5$ des Sauerstoffes aufnehmen, und Stickstoffoxydgas entwickelt wird.

§. 89. Das Stickstoffoxyd ist ein farbloses Gas von 1,0392 spec. Gewicht, nicht athembar, ohne Reaktion auf Lakmus und nicht brennbar, unterhält das Verbrennen nur weniger Körper, wird nur wenig von Wasser absorbirt, färbt einige thierische Stoffe gelb, wird an der Luft unter Bildung rother Dämpfe in salpetrige Säure verwandelt, wird reichlich von Salpetersäure und unter dunkelbrauner Färbung von Eisenoxydulsalzlösungen aufgenommen und verbindet sich mit den meisten starken Säuren.

Die mit Stickstoffoxydgas gesättigte Lösung des Eisenvitriols zieht ebenfalls sehr begierig das Sauerstoffgas an und wird deßhalb zur quantitativen Bestimmung desselben aus Gasgemischen, z. B. aus der atmosphärischen Luft benutzt (vergl. Davy'sches Eudiometer, Bd. 3, S. 146). Ein brennendes Kerzenlicht verlöscht im Stickstoffoxydgas, während stark erhitzter Phosphor darin fast eben so lebhaft wie in Sauerstoffgas verbrennt.

§. 90. Das Stickstoffoxydgas zerfällt durch anhaltendes Elektrisiren oder beim Leiten durch eine glühende (Platindraht enthaltende) Röhre in Stickstoffgas und Untersalpetersäure oder, bei Gegenwart von Wasser, in Salpetersäure, durch lange Berührung mit den ätzenden Alkalien in salpetrige

Säure und Stickstoffoxydul, rascher in dieses und wässerige Schwefelsäure beim Vermischen mit schwefeligsaurem Gas, durch Schwefelwasserstoff in wenig Stickstoffoxydul und hydrothionigsaures Ammoniak, durch hydrothionsaure und hydrothionigsaure Alkalien, befeuchtete Eisenspäne und Zinkfeile nach einigen Tagen in Stickstoffoxydul und Ammoniak, mit Wasserstoffgas vermengt durch Platinschwamm in Wasser und Ammoniak und mit leicht entzündlichem Phosphorwasserstoffgas vermischt nach einigen Stunden in Stickstoffgas und Stickstoffoxydulgas, verpufft mit Phosphorwasserstoffgas und Sauerstoffgas oder auch nur mit Ammoniakgas vermischt durch den elektrischen Funken, und entläßt an stark erhitzte Metalle, wie Eisen, Zink und Arsen, auch an Schwefelbaryum, allen Sauerstoff.

Die Verwandlung der schwefeligen Säure in Schwefelsäure durch Stickstoffoxydgas und atmosphärische Luft (oder vielmehr durch die dabei sich bildende salpetrige Säure) ist für die Fabrikation der Schwefelsäure von größter Wichtigkeit.

Salpetrige Säure, untersalpetrige Säure.

36,8	14,0 Stickstoff	2 Vol.	Stickstoffgas
63,2	24,0 Sauerstoff	3 „	Sauerstoffgas
100,0	38,0 salpetrige Säure:	2 Vol.	salpetrigs. Gas.

Symb. und Aequiv. $NO_3 = 38{,}0$. Atom. $\bar{N}O_3$ (N_2O_3).

§. 91. Die von Scheele entdeckte salpetrige Säure bildet sich unmittelbar bei der Vermischung von 4 Raumtheilen Stickstoffoxydgas mit 1 Raumtheil Sauerstoffgas; ferner bei lang andauernder Einwirkung von wässerigem Kali auf Stickstoffoxydgas (vergl. §. 90), beim Durchleiten von Stickstoffoxydgas durch wasserfreie Untersalpetersäure oder concentrirte Salpetersäure in der Kälte, durch Zersetzung der Untersalpetersäure in Berührung mit Wasser oder Basen, beim Kochen des salpetersauren Bleioxydes mit metallischem Blei und bei der Zersetzung der Salpetersäure mittels reducirend wirkender organischer Substanzen.

Wird nach Liebig am besten auf die Weise gewonnen, daß man ein Theil Stärkmehl mit 8 Th. Salpetersäure von 1,25 spec. Gewicht erwärmt und das sich entwickelnde Gasgemische zuerst durch eine lange mit Chlorcalcium angefüllte Glasröhre und dann in eine auf — 20° abgekühlte leere Glasröhre leitet.

§. 92. Die salpetrige Säure stellt bei gewöhnlicher Temperatur einen rothgelben Dampf, bei — 20° eine farblose Flüssigkeit dar, hat einen erstickenden, stechenden Geruch, färbt organische Substanzen bleibend gelb, löst sich unter 0° ohne Zersetzung in Wasser, wirkt auf andere Körper ungemein oxydirend und bildet mit Schwefelsäure eine krystallisirbare Verbindung.

Die tropfbar-flüssige salpetrige Säure wird schon bei gewöhnlicher Temperatur grün, was eine Beimischung von Untersalpetersäure anzeigt.

§. 93. Die salpetrige Säure zerfällt sehr leicht in Stickstoffoxyd und Salpetersäure oder Untersalpetersäure, wenn sie mit Wasser bei gewöhnlicher Temperatur, mit Alkalien und unlöslichen Metalloxyden in Berührung kommt; sind hingegen die Alkalien in sehr concentrirtem Zustand oder die Metalloxyde nur mit wenig Wasser angefeuchtet, so verbindet sie sich ohne Zersetzung mit denselben.

Da die salpetrige Säure 1/3 ihres Sauerstoffes an die schwefelige Säure (SO_2) abgiebt und diese in Schwefelsäure (SO_3) verwandelt, so wird dieses Verhalten bei der Fabrikation der letzteren benutzt, wo man schwefelige Säure, Wasserdämpfe, atmosphärische Luft und Stickstoffoxydgas in große Räume gleichzeitig leitet; die durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft aus dem Stickstoffoxydgas gebildete salpetrige Säure

(oder Untersalpetersäure) wird durch die schwefelige Säure theilweise desoxydirt, aber durch einen anderen Theil Sauerstoff der atmosphärischen Luft sogleich wieder in salpetrige Säure verwandelt, welche von Neuem auf hinzukommende schwefelige Säure höher oxydirend wirkt.

§. 94. Die salpetrige Säure verbindet sich mit den basischen Oxyden zu salpetrigsauren Salzen (Nitrites); diese sind zum Theil farblos, zum Theil gelb, meist krystallisirbar, die der Alkalien von alkalischer Reaktion, und sämmtlich, mit Ausnahme des schwer löslichen Silbersalzes, in Wasser leicht löslich. Die Alkalisalze schmelzen in der Wärme zu einer gelben, beim Erkalten krystallinisch erstarrenden Flüssigkeit und werden, wie die übrigen Salze, in höherer Temperatur unter Entwicklung von Stickstoffgas und Sauerstoffgas zersetzt; die wässerigen Lösungen zerfallen beim längeren Kochen in Stickstoffoxydgas und salpetersaures Salz mit überschüssiger Basis, verwandeln sich beim Kochen an der Luft leicht in salpetersaure Salze, fällen aus Chlorgold und salpetersaurem Quecksilberoxyd und Oxyd das Metall und aus Eisenoxydul- oder Manganoxydulsalzen unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas, Eisenoxyd oder Manganoxyd und geben mit eisenvitriolhaltiger Schwefelsäure eine dunkelrothe Färbung. Alle Salze verpuffen beim Erhitzen mit brennbaren Körpern und entwickeln unter Bildung von Salpetersäure und Untersalpetersäure beim Uebergießen mit Schwefelsäure und anderen Säuren Stickstoffoxydgas, das bei Luftzutritt rothe Dämpfe bildet. Die Alkalisalze bilden mit denen des Bleioxydes, Kobaltoxydes, Nickeloxydes, Silberoxydes und Palladiumoxydes salpetrigsaure Doppelsalze.

Man erhält die Salze der salpetrigen Säure am besten im Bildungsmoment derselben, indem man entweder Stickstoffoxyd mit wässerigem Kali in Berührung bringt oder durch wässerige Alkalien ein Gemenge von 4 Vol. Stickstoffoxydgas und 1 Vol. Sauerstoffgas leitet oder zu Untersalpetersäure die in Wasser gelösten oder vertheilten Basen fügt, oder durch Erhitzen salpetersaurer Alkalien, bis $^2/_5$ des Sauerstoffes der Salpetersäure entwickelt worden ist oder (das Bleisalz) durch Kochen des salpetersauren Bleioxydes mit metallischem Blei; durch Zersetzung des Silber- oder Bleisalzes mit Chloriden werden die übrigen salpetrigsauren Salze dargestellt.

Untersalpetersäure, salpetrige Salpetersäure.

30,44	—	14,0 Stickstoff	1 Vol. Stickstoffgas
69,56	—	32,0 Sauerstoff	2 „ Sauerstoffgas
100,00	—	46,0 Untersalpetersäure:	1 Vol. Untersalpeters. Gas.

Symb. und Aequiv. NO_4 = 46,0. Atom. NO_4 (N_2O_4).

§. 95. Die zuerst von Scheele beobachtete, aber erst von Dulong von der salpetrigen Säure unterschiedene Untersalpetersäure bildet sich beim Vermischen des Stickstoffoxydgases mit Sauerstoffgas bei gewöhnlicher Temperatur und unter Abhaltung von Wasser oder Basen, bei der Einwirkung von unterchlorigsaurem Gas oder feuchtem Chlorgas auf Stickstoffoxydgas, bei der Zersetzung des Stickstoffoxyduls und Stickstoffoxydes durch Elektricität oder beim Leiten durch glühende Röhren, bei den verschiedenen Zersetzungen der wässerigen Salpetersäure und salpetersauren Salze durch Licht, Elektricität, Hitze und organische Körper, und beim Einleiten von Stickstoffoxydgas in concentrirte Salpetersäure.

Die Untersalpetersäure erhält man leicht durch Erhitzung des vollkommen trockenen salpetersauren Bleioxydes und Auffsammlung der gebildeten Untersalpetersäure in einer stark abgekühlten Vorlage; ferner durch Einleiten von 1 Maaß vollkommen trocknem Sauerstoffgas und 2 Maaß

wasserfreiem Stickstoffoxydgas in eine bis zu — 20° abgekühlte Röhre, oder durch vorsichtige Erwärmung der rauchenden Salpetersäure und Abkühlung des Dampfes in einer mit Eis umgebenen Vorlage.

§. 96. Die Untersalpetersäure stellt bei gewöhnlicher Temperatur eine rothe Flüssigkeit dar, welche von 1,451 spec. Gewicht ist und sich bei 26° in gelbrothe Dämpfe verwandelt, bei 10° gelb, bei — 20° fast farblos wird und bei noch niedrigerer Temperatur in farblosen Säulen krystallisirt; sie riecht eigenthümlich süßlich und scharf, reagirt und schmeckt sauer, wirkt eingeathmet sehr nachtheilig und färbt thierische Stoffe gelb; ihr Dampf kann das Verbrennen mehrerer gehörig erhitzter brennbarer Körper unterhalten.

Glühende Kohle verbrennt in dem Dampf der Untersalpetersäure mit trüber rother Flamme, gehörig erhitzter Phosphor mit großer Lebhaftigkeit und Kalium schon bei gewöhnlicher Temperatur mit rother Flamme.

§. 97. Die Untersalpetersäure ist ungemein leicht zersetzbar; mit überschüssigem Wasserstoffgas über Platinschwamm geleitet entsteht unter lebhafter Entglühung des Platins Wasser und Ammoniak; durch Wasser zerfällt sie in Salpetersäure, salpetrige Säure und Stickstoffoxyd, wobei sie unter allmähligem Zusatz des Wassers erst gelb, dann grün und zuletzt blau gefärbt und bei größerer Verdünnung farblos wird; durch Schwefelwasserstoffwasser wird, unter schneller Abscheidung von Schwefel, Ammoniak gebildet; wässerige Alkalien wirken dem Wasser ähnlich, indem unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas salpetrigsaure und salpetersaure Salze entstehen.

Da die Untersalpetersäure schon durch die Alkalien zersetzt wird und überhaupt sie bis jetzt nur mit Bleioxyd verbunden werden konnte, so betrachtet sie Berzelius als eine Verbindung von salpetriger Säure mit Salpetersäure ($2\,NO_4 = NO_3, NO_5$); das bei Zersetzung auftretende Stickstoffoxydgas ist ein secundäres Produkt der salpetrigen Säure.

Salpetersäure (vergl. Bd. 3. S. 156—163).

Zusammensetzung im wasserfreien, unbekannten Zustand:

25,9 — 14,0	Stickstoff	2 Vol.	Stickstoffgas
74,1 — 40,0	Sauerstoff	5 „	Stickstoffgas
100,0 — 54,0	Salpetersäure	?	?

Symb. und Aequiv. $NO_5 = 54{,}0$. Atom. NO_5 ($N_2\,O_5$).

Zusammensetzung der beiden Hydrate:

I.		II.	
85,71 — 54,0	und	60,0 — 54,0	Salpetersäure
14,29 — 9,0		40,0 — 36,0	Wasser
100,00 — 63,0	erstes Hydrat:	100,0 — 90,0	zweites Hydrat.

Symb. und Aequiv. von I. $NO_5\ Aq = 63{,}0$, von II. $NO_5, 4Aq = 90$.

§. 98. Die Salpetersäure bildet sich durch Oxydation des Stickstoffgases, wenn dieses im feuchten Zustand mit Sauerstoffgas vermengt anhaltend elektrisirt oder mit Sauerstoffgas und Wasserdampf vermengt in Berührung mit einem durch einen galvanischen Strom bis zum Schmelzen erhitzten Platindraht kommt oder mit Sauerstoffgas und Wasserstoffgas vermengt entzündet wird; ferner durch höhere Oxydation der verschiedenen niederen Oxydationsstufen des Stickstoffes (vergl. §§. 86, 88, 91 und 95), so wie auch aus Ammoniak beim Leiten desselben mit überschüssigem Sauerstoffgas durch eine glühende Röhre oder über bis zu 308° erhitzten Platinschwamm, oder beim Leiten des reinen Ammonikgases über glühenden Braunstein oder glühendes Eisenoxyd (als salpetersaures Ammoniak), aus Cyangas beim Leiten desselben (mit atmosphärischer Luft vermengt) durch eine glühenden Platinschwamm enthaltende Röhre, und in

größter Menge bei der Verwesung organischer Körper in Berührung mit Salzbasen und Wasser.

Darstellung und physikalische Eigenschaften der wasserhaltigen Salpetersäure vergl. a. a. O.

§. 99. Die Salpetersäure ist sehr leicht zersetzbar; sie zerfällt beim Leiten durch eine glühende Porzellanröhre in Sauerstoffgas und Stickstoffgas, färbt sich am Licht unter Entwicklung gelbrother Dämpfe gelb, giebt bei der Destillation mit concentrirter Schwefelsäure Sauerstoffgas und Untersalpetersäure, mit Wasser, atmosphärischer Luft und Platinschwamm in Berührung gebracht Ammoniak, und wird von allen brennbaren Körpern bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur, oft unter großer Erhitzung und zuweilen mit stattfindender Entzündung, unter Bildung von Stickstoffoxyd, zuweilen auch unter Bildung von Untersalpetersäure oder Stickstoffoxydul, zersetzt. Sie verwandelt die Metalle in Oxyde, die sich meist in dem unzersetzten Theil der Säure zu salpetersauren Salzen lösen, und manche Metalle veranlassen bei der Zersetzung der Salpetersäure zugleich die Bildung von Ammoniak, indem auch ein Theil des vorhandenen Wassers zersetzt wird; nur wenige Metalle, nämlich das Titan, Tantal, Platin, Rhodium, Iridium und Gold, so wie auch das Silicium, werden nicht von der Salpetersäure oxydirt, und andere, wie das Eisen, Silber, Zinn, Kupfer, Wismuth u. s. w., nur von verdünnter, nicht von concentrirter Salpetersäure angegriffen, wobei das sonst ganz elektropositive Eisen auf kurze Zeit die Eigenschaft erhält, sich elektronegativ zu verhalten (vergl. unter Eisen).

Phosphor löst sich in erwärmter Salpetersäure von 1,2 spec. Gewicht unter Wärmeentwicklung, in concentrirter Säure aber bei gewöhnlicher Temperatur unter heftigem Aufwallen und so großer Wärmeentwicklung, daß er zuletzt in den Salpetersäuredämpfen glänzend verbrennt; ebenso verhält sich das Phosphoroxyd. Schwefelwasserstoffgas, mit concentrirter Salpetersäure in Berührung gebracht, entzündet sich nach einigen Augenblicken mit blauer Flamme. Glühende Kohle zeigt in concentrirter Salpetersäure lebhafte Verbrennung. Manche ätherische Oele und Weingeist entzünden sich in Berührung mit Salpetersäure, besonders wenn diese mit concentrirter Schwefelsäure vermischt ist. Kupfer löst sich unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas mit viel Stickstoffoxydulgas, wenn die Temperatur unter dem Gefrierpunkt, aber mit vielem reinen Stickstoffgas bei erhöhter Temperatur, in Salpetersäure und verwandelt sich in salpetersaures Kupferoxyd; Zink löst sich in verdünnter Salpetersäure unter Entwicklung von reinem Stickstoffoxydulgas, das um so mehr mit Stickstoffoxydgas vermischt ist, je höher die Temperatur gesteigert wird. Stanniol (Blattzinn) verwandelt sich durch Salpetersäure in ein weißes Pulver, welches Ammoniak enthält.

§. 100. Die Salpetersäure verbindet sich mit Untersalpetersäure und Wasser (die sog. rauchende Salpetersäure darstellend) und mit Salzsäure, wobei sie sich aber in eine neue chlorhaltige Säure (vergl. unter Chlor), welche gewöhnlich Königswasser genannt wird, verwandelt.

Die Bildung der untersalpetersäurehaltigen oder rauchenden Salpetersäure wird dadurch bedingt, daß bei der Zersetzung des salpetersauren Kalis eine größere Menge (2 Aequiv.) concentrirte Schwefelsäure angewendet wird und der Ueberschuß der letzteren einem Theil des freigewordenen Salpetersäurehydrates Wasser entzieht, wodurch dieser in

Sauerstoffgas und Untersalpetersäure zerfällt, welche mit dem unzersetzten Salpetersäurehydrat vermengt überdestillirt.

§. 101. Die Salpetersäure verbindet sich fast ohne Ausnahme mit allen basischen Oxyden zu salpetersauren Salzen (Nitrates), welche im neutralen Zustand sämmtlich in Wasser löslich sind und deßhalb im verdünnten Zustand kein anderes Metallsalz fällen. Sie sind sämmtlich krystallisirbar, haben meist einen kühlenden Geschmack und werden in der Glühhitze zersetzt; die salpetersauren Alkalien geben hierbei anfangs reines, später mit Stickstoffgas vermengtes Sauerstoffgas, die übrigen Salze Sauerstoffgas mit salpetriger Säure, zum Theil auch mit Salpetersäure vermischt, und hinterlassen entweder die reine Basis, wie beim Bleisalz, oder eine höhere Oxydationsstufe, wie beim Manganoxydulsalz, oder reines Metall, wie beim Silbersalz (nur das salpetersaure Ammoniak macht hiervon eine Ausnahme, indem es in Wasser und Stickstoffoxydul zerfällt). Mit den brennbaren nicht metallischen und metallischen Stoffen zersetzen sich die salpetersauren Salze meist erst bei erhöhter Temperatur unter lebhafter, oft mit bedeutender Explosion verbundener Feuerentwicklung (Schießpulver ist ein Gemenge von salpetersaurem Kali, Kohle und Schwefel und giebt bei der Entzündung eine große Menge Kohlensäuregas und Stickstoffgas, welche durch die stattfindende Erhitzung eine große Elasticität erhalten), mit einigen anderen brennbaren Stoffen, wie mit Phosphor, schon durch den Schlag, und der durch den Sauerstoff der Säure oxydirte Körper vereinigt sich oft mit der zurückbleibenden Basis. Die salpetersauren Salze werden schon bei gewöhnlicher Temperatur durch concentrirte Schwefelsäure, bei wenig erhöhter Temperatur durch Phosphorsäure, Arsensäure und Fluorwasserstoffsäure, in der Glühhitze durch Borsäure und einige auch durch Kieselerde zersetzt und werden durch überschüssige Chlorwasserstoffsäure in Chlormetall und Chlorstickstoffsäure verwandelt; einige salpetersaure Salze, wie das Barytsalz, geben beim Behandeln der wässerigen Lösung mit Schwefelwasserstoff durch Zersetzung der Salpetersäure Schwefel, Schwefelsäure und Ammoniak. Mit einigen Metalloxyden bildet die Salpetersäure auch basische Salze, wogegen saure Salze unbekannt sind.

Man stellt die salpetersauren Salze theils durch Aussetzen stickstoffhaltiger organischer Körper, die mit einer stärkeren Basis vermengt sind, an die Luft (salpetersaure Kalkerde und Magnesia in den Salpeterplantagen), theils durch Zersetzung anderer salpetersaurer Salze (das salpetersaure Kali durch Zersetzung der salpetersauren Kalkerde oder Magnesia mit kohlensaurem Kali), theils unmittelbar durch Behandlung der reinen oder kohlensauren Basis mit Salpetersäure, theils durch Behandlung des Metalles mit der Säure dar, wobei die Säure aber immer verdünnt sein muß, da sie im concentrirten Zustand nicht allein auf verschiedene Metalle, sondern auch auf wasserfreies kohlensaures Natron, kohlensauren Baryt und Kalk, selbst in der Siedhitze, ohne Wirkung ist; kohlensaures Kali wird hingegen leicht durch concentrirte Salpetersäure zersetzt. Die basisch salpetersauren Salze werden gewöhnlich durch Behandlung der neutralen Salze mit viel Wasser erhalten.

Stickstoff und Wasserstoff.

§. 102. Man nimmt an, daß sich Stickstoff und Wasserstoff in drei verschiedenen Verhältnissen verbinden können, hat aber bis jetzt nur eine der Verbindungen isolirt darstellen können; diese verschiedenen Verbindungen sind: das Ammonium (Vierfach-Stickwasserstoff), H_4N, das Ammoniak (Dreifach-Stickwasserstoff), H_3N, und das Amid (Zweifach-Stickwasserstoff), H_2N.

Ueber Ammonium vergl. unter den Metallen, und über Ammoniak

§§. 103—106. — Das Amid ist noch nicht isolirt und gleicht in seinen Verbindungen gewöhnlich einem nichtmetallischen Element; es kann Sauerstoff, Chlor, Schwefel u. s. w. vertreten, zeigt aber im Ganzen viel geringere Verwandtschaft. Es kann nicht allein mit Metallen verbunden werden, indem man diese mit trockenem Ammoniakgas in Berührung bringt, wobei unter geeigneten Umständen $\frac{1}{3}$ des Wasserstoffes abgeschieden und der Zweifach-Stickwasserstoff unter Veränderung der Eigenschaften des Metalles von diesem gebunden wird, sondern auch in Verbindung mit zusammengesetzten Körpern existiren, wo es aber nur die Stelle des Sauerstoffes oder Chlors zu vertreten scheint; unterwirft man z. B. trockenes oxalsaures Ammoniak (H_3N, C_2O_3) der trockenen Destillation, so nimmt $\frac{1}{3}$ Wasserstoff des Ammoniaks ein Aequiv. Sauerstoff aus der Säure zu Wasser auf und es sublimirt Oxamid, $C_2O_2NH_2$, in welchem demnach 1 Aequiv. Sauerstoff der Säure durch 1 Aequiv. Amid (H_2N) vertreten ist; wird Chlorbenzoyl mit trockenem Ammoniakgas behandelt, so bildet sich ebenfalls ein flüchtiger Körper, das Benzamid, $C_{14}H_7NO_2$, welches die Zusammensetzung der Benzoylsäure (Benzoësäure) $= C_{14}H_5O_3$ hat, in der aber 1 Aequiv. Sauerstoff durch 1 Aequiv. Amid vertreten ist ($C_{14}H_5O_3 - O + H_2N = C_{14}H_5O_2, H_2N$). — Kane betrachtet das Amid als das Radikal aller Stickwasserstoffe und bezeichnet es mit Ad; das Ammoniak ist dann AdH und das Ammonium AdH_2.

Anmerkung. Von Laurent wurde noch eine vierte Verbindung des Stickstoffes mit dem Wasserstoff, das Imid (Einfach-Stickwasserstoff), HN, angenommen, welches er in einem Zersetzungsprodukt von der Destillation bitterer Mandeln mit Brunnenwasser in dem Benzimid, $C_{14}H_6NO_2$, als ein Substitutionsäquivalent für 1 Aequiv. Sauerstoff in der Benzoësäure betrachtet.

Dreifach Stickwasserstoff, Ammoniak.

82,35 —	14,0 Stickstoff	1 Vol.	Stickstoffgas
17,65 —	3,0 Wasserstoff	3 „	Wasserstoffgas
100,00 —	17,0 Ammoniak:	2 Vol.	Ammoniakgas.

Symb. und Aequiv. $H_3N = 17{,}0$. Atom. H_3N (H_6N_2).

§. 103. Bildung und Darstellung vergl. Bd. 3, S. 265. Im tropfbar-flüssigen Zustand erhält man das Ammoniak, wenn mit Ammoniakgas gesättigtes Chlorsilber in einer zweischenkligen, an beiden Enden zugeschmolzenen, starken Glasröhre erhitzt und der andere Schenkel in Eis getaucht wird oder durch Einleiten von trockenem Ammoniakgas (das über Kalihydrat geleitet worden ist) in eine bis auf — 40° abgekühlte Glasröhre.

§. 104. Das Ammoniak ist bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig, läßt sich aber durch Druck oder starke Temperaturerniedrigung zu einer farblosen, sehr beweglichen, das Licht stark brechenden Flüssigkeit von 0,76 spec. Gewicht verdichten; es ist selbst von 0,5912 spec. Gewicht, riecht sehr stechend urinös, reizend und erweckend, schmeckt ätzend scharf, röthet Curcumäpapier und grünt den Veilchensaft, ist nur wenig brennbar und unterhält weder das Verbrennen brennbarer Körper, noch den Athmungsproceß. Es löst sich unter beträchtlicher Wärmeentwicklung in großer Menge in Wasser (1 Maaß Wasser nimmt gegen 600 Maaß Ammoniakgas zu $1\frac{1}{2}$ Maaß Flüssigkeit auf) und wird von Eis unter Schmelzung und Temperaturerniedrigung absorbirt; es löst sich auch in beträchtlicher Menge in Weingeist.

Die Darstellung und Eigenschaften der wässerigen und weingeistigen Ammoniakflüssigkeit vergl. Bd. 3, S. 265—271, 272 und 275.

§. 105. Das Ammoniak zerfällt durch anhaltendes Elektrisiren oder in der Glühhitze, besonders bei Gegenwart rauher Körper oder verschiedener Metalle, unter Verdoppelung des Volumens in seine Bestandtheile, verpufft mit Sauerstoffgas vermischt durch den elektrischen Funken (bei überschüssigem Sauerstoff unter Abscheidung von Stickstoffgas und Bildung von Wasser und salpetersaurem Ammoniak, bei überschüssigem Ammoniak unter Abscheidung von Stickstoffgas und Wasserstoffgas und Bildung von Wasser, ohne weitere Mitwirkung durch unterchlorigsaures Gas unter Abscheidung von viel Chlor, und durch den elektrischen Funken in seinem mit Stickstoffoxydul- oder Stickstoffoxydgas gemischten Zustand (bei Ueberschuß der Stickstoffoxyde unter Abscheidung von Stickstoffgas und Sauerstoffgas und Bildung von Wasser und etwas Untersalpetersäure, bei Ueberschuß von Ammoniak unter Abscheidung von Stickstoffgas und Wasserstoffgas und Bildung von Wasser), zersetzt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Untersalpetersäure unter starker Wärmeentwicklung in Stickstoffgas, Wasser und salpetrigsaures Ammoniak, bildet mit glühender Kohle unter Abscheidung von Stickstoffgas blausaures Ammoniak, mit Phosphordämpfen durch eine glühende Röhre geleitet, unter Abscheidung von mit Phosphordämpfen geschwängertem Stickstoffgas; Phosphorwasserstoffgas, und mit Schwefeldampf unter Abscheidung von Stickstoff- und Wasserstoffgas ein krystallinisches Gemenge von hydrothionsaurem und hydrothionigsaurem Ammoniak, giebt mit Jod und Wasser bei gewöhnlicher Temperatur Jodstickstoff und Jodammonium, mit Brom unter Abscheidung von Stickstoffgas Bromammonium, verbrennt in Chlorgas bei gewöhnlicher Temperatur mit rother und weißer Flamme unter Abscheidung von Stickstoffgas zu Chlorammonium (einzelne Chlorblasen in concentrirtes Ammoniakwasser geleitet, geben Verpuffungen mit im Dunkeln bemerkbarer Lichtentwicklung) und wird durch viele Metalloxyde, oft schon unter der Glühhitze, unter Abscheidung von Stickstoffgas und mehr oder weniger reducirtem Metall und Bildung von Untersalpetersäure, zum Theil auch unter Bildung von Wasser und Stickstoffmetallen zersetzt.

Metalle, über welche Ammoniakgas geleitet worden ist, nehmen meist nicht merklich an Gewicht zu, aber Kupfer oder Eisen werden spröde und zum Theil in Stickstoffmetalle verwandelt. Wirkt Chlor auf an stärkere Säuren gebundenes Ammoniak, so tritt eine langsamere Zersetzung desselben ein und es bildet sich zum Theil Chlorstickstoff, welcher bei der geringsten Veranlassung mit der größten Heftigkeit verpufft.

§. 106. Das Ammoniak kann sich mit verschiedenen binären Verbindungen der nichtmetallischen Stoffe und mehreren wasserfreien Sauerstoffsäuren (sog. Ammonsalze darstellend, welche meist bei Berührung mit Wasser in Ammoniaksalze übergehen), verschiedenen schweren Metalloxyden und deren Salzen (eine besondere Klasse von Verbindungen darstellend, die das Ammoniak als solches enthalten und zum Theil löslich, zum Theil fest und mitunter verpuffend sind) und mit vielen Chlor-, Brom-, Jod- und Cyanmetallen verbinden. Mit den Sauerstoffsalzen bildet es unter Gegenwart von Wasser die Ammoniaksalze und mit Wasserstoffsäuren Haloidsalze.

Ueber die Sauerstoff- und Haloidsalze des Ammoniaks vergl. unter Ammonium bei den Metallen.

IV. Vom Kohlenstoff.

Symb. und Aequiv. C = 6,0. Atomengew. (H = 1,0) = 12,0 oder (O = 100,0) 75,0. Spec. Gew. und Wärme vergl. §. 107.

(Vergl. Bd. 3, S. 38—44.)

§. 107. Der Kohlenstoff ist in 3 allotropischen Zuständen bekannt, nämlich als Diamant = αC, welcher ein spec. Gewicht von 3,5 und eine spec. Wärme von 0,14687 zeigt, in farblosen und durchsichtigen Oktaëdern und deren Abänderungen krystallisirt vorkommt, der härteste aller Körper ist, das Licht am stärksten bricht, einen eigenthümlichen Glanz besitzt, ein Nichtleiter der Elektricität, nicht schmelzbar, aber im luftleeren Raum durch starke Voltaische Batterien flüchtig ist und erst bei den stärksten Hitzegraden verbrennt (ist noch nicht künstlich dargestellt worden); als Graphit und Anthracit = βC, welcher ein spec. Gewicht von 1,8 bis 2,09 und eine spec. Wärme von 0,201 hat, in dunkelbleigrauen und undurchsichtigen, blättrigen, sechsseitigen Säulen krystallisirt, weich, abfärbend und ein Leiter der Elektricität ist und zu seiner Verbrennung ziemlich hoher Hitzgrade bedarf (erzeugt sich auch bei der Bereitung des grauen Roheisens vor dem Gebläse der Hohöfen); als Radikal der Kohlensäure und Bestandtheil aller organischer Körper = γC, ist von verschiedenem spec. Gewicht und von 0,2411 spec. Wärme, compakt oder pulverförmig, dicht oder porös, ohne alle Spuren von Krystallisation, unschmelzbar, feuerbeständig, undurchsichtig, meist schwarz und matt, zuweilen metallglänzend und ein schlechter Leiter der Elektricität. Im Allgemeinen ist der Kohlenstoff ohne Geruch und Geschmack, ohne Reaktion auf Pflanzenfarben, auch unlöslich in allen Lösungsmitteln (von schmelzendem Gußeisen wird er aufgenommen, beim Erkalten aber wieder abgeschieden); unter gehörigem Zutritt von Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft erhitzt, verbrennt er unter starker Wärme- und Lichtentwicklung zu Kohlensäure.

Reiner Kohlenstoff wird erhalten durch Glühen von Lampenruß, oder durch stundenlanges Glühen von 2 Th. Eisenfeile, 1 Th. Braunstein und 1 Th. Kienruß und hinlängliches Auskochen des erkalteten Rückstandes mit Salzsäure, oder durch Leiten von Phosphordämpfen über glühenden phosphorsauren Kalk oder durch Glühen des kohlensauren Natrons mit hinreichendem Kalium. Gewöhnlicher Kohlenstoff, Pflanzen- oder Holzkohle und Thierkohle, wird durch Glühen vegetabilischer oder animalischer Stoffe in verschlossenen Gefäßen erhalten; außer feuerbeständigen Bestandtheilen enthält die Pflanzenkohle Wasserstoff und die Thierkohle Stickstoff chemisch gebunden.

§. 108. Der Kohlenstoff zeigt nur gegen wenige Körper eine starke Affinität; mit einigen einfachen Stoffen, wie mit Sauerstoff, Schwefel, Eisen, Mangan und einigen anderen Metallen (Kohlenstoffmetalle, Carbureta) verbindet er sich bei gehöriger Temperaturerhöhung unmittelbar, mit Chlor, Brom, Jod, Stickstoff und Wasserstoff nur mittelbar.

Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff oder Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff stellen, in den mannichfaltigsten Verhältnissen mit einander verbunden, die verschiedenen Gebilde der organischen Natur dar; da aber mehrere binäre Verbindungen des Kohlenstoffes mit den genannten Elementen sich vollkommen als zusammengesetzte Radikale verhalten und viele organische Stoffe als Produkte oder Verbindungen derselben betrachtet werden können, so bildet dieser Theil der chemischen Betrachtungsweise einen besonderen Zweig der Chemie, welcher die Chemie der zusammengesetzten Radikale genannt wird und

faſt ganz mit dem übereinkommt, was gewöhnlich die organiſche Chemie genannt wird. Es werden deßhalb die hieher gehörigen Verbindungen, wie z. B. die Oxalſäure, Krokonſäure, Honigſteinſäure, welche im hypothetiſch reinen Zuſtand nur aus Kohlenſtoff und Sauerſtoff beſtehen, aller Wahrſcheinlichkeit nach aber Verbindungen des zuſammengeſetzten Radikals CO mit Sauerſtoff oder Zerſetzungsprodukte deſſelben ſind, in dem letzten Abſchnitte beſchrieben.

Kohlenſtoff und Sauerſtoff.

§. 109. Der Kohlenſtoff verbindet ſich in verſchiedenen Verhältniſſen mit dem Sauerſtoff; von den Verbindungen gehören aber nur zwei der Chemie der einfachen Radikale an, nämlich das Kohlenoxyd, CO, und die Kohlenſäure, CO_2, während die übrigen (vergl. Anmerk. zu §. 108) als Verbindungen eines zuſammengeſetzten Radikals in der dritten Abtheilung beſchrieben werden.

Der Kohlenſtoff hat die ſtärkſte Affinität zum Sauerſtoff und entzieht ihn bei der Glühhitze dem Waſſer und den verſchiedenen Säuren und metalliſchen Oxyden, wobei je nach der Menge des einwirkenden Kohlenſtoffes Kohlenoxyd oder Kohlenſäure gebildet wird, die aber wieder unter gewiſſen Bedingungen entſauerſtofft werden können (vergl. §§. 111 und 114).

Kohlenoxyd, kohlige Säure.

42,86	—	6,0 Kohlenſtoff	2 Vol.	Kohlenſtoffgas *
57,14	—	8,0 Sauerſtoff	1 „	Sauerſtoffgas
100,00	—	14,0 Kohlenoxyd:	2 Vol.	Kohlenoxydgas.

Symb. und Aequiv. CO = 14,0. Atom. CO.

§. 110. Das von Prieſtley und Woodhous entdeckte Kohlenoxydgas findet ſich nebſt Kohlenſäuregas im Darmkanal des aufgeblähten Hornviehs, vielleicht auch in manchen Grubenwettern, und bildet ſich bei der Einwirkung von Kohle oder Graphit auf Körper, welche den Sauerſtoff mit einer gewiſſen Kraft gebunden halten, bei der Einwirkung von Kohle oder Eiſen auf freie oder gebundene Kohlenſäure, bei der trocknen Deſtillation vieler organiſchen Verbindungen und bei der Zerſetzung der Ameiſenſäure oder Oxalſäure durch concentrirte Schwefelſäure.

Man erhält das Kohlenoxydgas am leichteſten durch Erhitzung eines ameiſenſauren oder oxalſauren Salzes mit concentrirter Schwefelſäure und befreit es von der gleichzeitig auftretenden Kohlenſäure durch Behandlung mit wäſſerigem Kali.

§. 111. Das Kohlenoxyd iſt permanent-elaſtiſch, farblos, durchſichtig und von 0,9727 ſpec. Gewicht, hat einen ſchwachen eigenthümlichen Geruch, aber keinen Geſchmack, iſt ohne Reaktion auf Pflanzenfarben, nicht athembar und brennbar, verbrennt an der Luft entzündet mit hellblauer, wenig leuchtender Flamme, und verbindet ſich nicht mit Baſen und Säuren, aber mit Chlor im Sonnenlicht (Phosgengas) und mit Kalium; es wird in geringer Menge vom Waſſer abſorbirt, zerſetzt ſich nicht durch den elektriſchen Funken oder beim Leiten durch glühende Röhre und giebt beim Erhitzen mit Kalium unter Entzündung Kohle und Kali.

Das Kohlenoxydgas eingeathmet erregt ſogleich Schwindel und Anfall

* Das Kohlenſtoffgas iſt unbekannt; man hat jedoch das ſpec. Gewicht deſſelben aus dem ſeiner Oxyde berechnet, wobei wir der Annahme von Gmelin gefolgt ſind, welcher das Volumen deſſelben nur halb ſo groß annimmt, wie Berzelius, nach welchem das Kohlenoxydgas aus gleichen Raumtheilen Kohlenſtoffgas und Sauerſtoffgas beſteht.

von Ohnmacht, selbst wenn es mit 1/4 atmosphärischer Luft vermengt ist; es ist die Ursache der Erstickungen, wenn Kohle oder ein kohlenstoffhaltiger Körper durch unzureichenden Zutritt von atmosphärischer Luft nicht vollständig verbrennt und die entwickelten Gasarten sich in verschlossenen Räumen verbreiten. Die blaue leckende Flamme auf brennenden Kohlen ist brennendes Kohlenoxydgas, welches sich aus der unterhalb gebildeten Kohlensäure durch die glühenden Kohlen gebildet hat und oberhalb durch den Zutritt der Luft wieder zu Kohlensäure verbrennt.

Kohlensäure, Luftsäure (vergl. Bd. 3, S. 187—191).

27,27	—	6,0 Kohlenstoff	1 Vol. Kohlenstoffgas
72,73	—	16,0 Sauerstoff	1 „ Sauerstoffgas
100,00	—	22,0 Kohlensäure:	1 Vol. Kohlensäuregas.

Symb. und Aequiv. $CO_2 = 22,0$. Atom. CO_2.

§. 112. Das Kohlenoxyd verbindet sich mit seinem halben Volumen Sauerstoffgas in der Glühhitze, durch den elektrischen Funken, durch Platin und mehrere andere Körper unter schwacher Verpuffung und mit bläulicher Flamme zu Kohlensäure (andere Bildungsarten vergl. Bd. 3, S. 187).

Tropfbar-flüssige Kohlensäure erhält man im Kleinen durch langsame Zersetzung des kohlensauren Ammoniaks mit Schwefelsäure in einer verschlossenen Glasröhre, im Großen durch Zersetzung des doppelt-kohlensauren Natrons mit verdünnter Schwefelsäure in einem gußeisernen Cylinder, der durch einen Hahn mit einem andern Cylinder verbunden ist. Feste Kohlensäure wird aus der flüssigen erhalten, wenn man sie durch eine enge Röhre in ein durchlöchertes Blechgefäß treten läßt, wobei ein Theil durch die bei der Verdunstung des übrigen Theiles stattfindende Temperaturerniedrigung verdichtet wird.

§. 113. Die tropfbar-flüssige Kohlensäure ist wasserhell, sehr dünnflüssig, von dem Wasser ziemlich gleicher lichtbrechender Kraft und bei — 20° von 0,90, bei 0° von 0,83 und bei + 30° von 0,60 spec. Gewicht; sie verdunstet unter ungemeiner Temperaturerniedrigung und bei gegebenen Bedingungen unter theilweiser Erstarrung. Die feste Kohlensäure stellt eine weiße, flockige, dem Schnee ähnliche und gleich diesem zusammendrückbare Masse dar, in welcher der Weingeistthermometer bis auf — 87° herabsinkt und die an der freien Luft in einigen Minuten ohne alle Explosion verschwindet; sie verursacht auf der Haut einen weißen Flecken, dann eine Blase und eine Vertiefung mit aufgeworfenem Rand, Vereiterung und hinterläßt nach der Heilung eine Narbe.

Die Eigenschaften der gasförmigen Kohlensäure vergl. Bd. 3, S. 190.

§. 114. Die Kohlensäure wird durch den elektrischen Funken in Kohlenoxydgas und Sauerstoffgas, bei Gegenwart von Wasserstoff, Quecksilber und anderen Metallen in Kohlenoxydgas und Wasser oder Metalloxyd zersetzt, gibt an erhitztes Kalium oder Natrium und im gebundenen Zustand auch an Phosphor und Bor in der Glühhitze allen Sauerstoff ab und wird beim Leiten über Kohle oder Eisen in Kohlenoxydgas verwandelt.

Die tropfbar-flüssige Kohlensäure wird schon in der Kälte durch Kalium, aber nicht durch Zink, Blei, Eisen, Kupfer oder erhitzten Phosphor zersetzt.

§. 115. Die Kohlensäure bildet mit den meisten basischen Oxyden die **kohlensauren Salze** (Carbonates), welche mit Ausnahme der Alkalisalze gewöhnlich unlöslich in Wasser und auf dem Wege der Kunst nur theilweise und schwierig krystallisirbar sind (die natürlichen kohlensauren Salze, z. B. kohlensaurer Kalk oder Eisenoxydul, kommen häufig in den ausgezeichnetsten

Formen krystallisirt vor) und (kohlensaure Alkalien und kohlensauren Baryt und Strontian ausgenommen) in der Glühhitze zersetzt werden. Alle kohlensauren Salze werden durch die meisten Säuren unter Aufbrausen zersetzt und die löslichen fällen Kalk-, Baryt- und viele Metallsalze unter Bildung von kohlensauren Salzen, Magnesiasalze unter theilweiser Abscheidung von Magnesiahydrat, viele Metallsalze auch nur als Oxydhydrate. Die Niederschläge lösen sich in Säuren mit Aufbrausen. Mit mehreren basischen Oxyden bildet die Kohlensäure auch saure oder doppeltkohlensaure Salze (Bicarbonates), die in Wasser löslich sind und ihr zweites Aequivalent Kohlensäure leicht abgeben; sie können nur in Verbindung mit Wasser bestehen. Die sauren kohlensauren Alkalien reagiren neutral, die übrigen sauren Salze sauer und entwickeln durch andere Säuren und viele Metallsalze ihre Kohlensäure gänzlich oder theilweise.

Man erhält die kohlensauren Erdalkali-, Erd- und Metallsalze durch Zersetzung mit kohlensauren Alkalien, diese durch Zersetzung pflanzensaurer Salze in der Hitze für sich, oder anderer Verbindungen mit Kohle u. s. w. (Pottaschenbereitung, Sodafabrikation), die sauren kohlensauren Salze durch Einwirkung überschüssiger Kohlensäure auf trockne oder in Wasser vertheilte neutrale kohlensaure Salze.

Kohlenstoff und Wasserstoff.

§. 116. Der Kohlenstoff bildet mit dem Wasserstoff eine große Anzahl von Verbindungen, die theils gasförmig, theils tropfbar-flüssig, theils starr sind, weder sauer noch basisch reagiren, doch zum Theil die Rolle von Basen oder zusammengesetzten Radikalen spielen, sich durch ihre ungemeine Brennbarkeit auszeichnen und insbesondere deßhalb merkwürdig sind, daß viele bei verschiedenen Formen und Eigenschaften gleiche Zusammensetzung haben (isomere und polymere Körper). Die meisten dieser Verbindungen spielen eine große Rolle in der organischen Chemie, weßhalb sie auch dort erst in Betrachtung gezogen werden können, und nur zwei sind hier zu erörtern, nämlich der Kohlenwasserstoff im Minimo (CH_2), weil er auf rein unorganischem Wege dargestellt werden kann, und der Kohlenwasserstoff im Maximo (CH), welcher als der Grundtypus verschiedener ihm gleich zusammengesetzter Kohlenwasserstoffe zu betrachten ist.

Ein Kohlenwasserstoff mit noch größerem Kohlenstoffgehalt ist das Wasserstoffbicarburet (C_2H), welches aus dem bei der Kaliumbereitung erhaltenen Kohlenstoffkalium durch Behandlung mit Wasser erhalten wird, farblos ist, mit leuchtender Flamme verbrennt und mit Chlorgas vermengt verpufft. — Auch die Pflanzenkohle ist ein Wasserstoffsupercarburet, da sie selbst nach anhaltendem Glühen immer etwas Wasserstoff chemisch gebunden zurückhält.

Kohlenwasserstoff im Minimo, Wasserstoffsubcarburet.

75,0 —	6,0 Kohlenstoff	1 Vol.	Kohlenstoffgas
25,0 —	2,0 Wasserstoff	2 „	Wasserstoffgas
100,0 —	8,0 Kohlenwasserstoff:	1 Vol.	Kohlenwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. CH_2 = 8,0. Atom. CH_2 (CH_4).

§. 117. Das Kohlenwasserstoffgas entwickelt sich aus Sümpfen (Sumpfluft) in Kohlenschachten (schlagendes Wetter, feuriger Schwaden) und bildet sich bei der Auflösung kohlenstoffhaltiger Metalle, namentlich des Gußeisens, in verdünnten Säuren, bei der Zersetzung des ölbildenden Gases in glühenden Röhren, bei der trocknen Destillation vieler organischen Substanzen und bei der Erhitzung des essigsauren Natrons mit Barythydrat.

Man erhält dieses Gas ziemlich rein durch Behandlung der durch Aufrühren in Sümpfen gesammelten Luft mit Kalkwasser, Kalium und Chlor (welche Kohlensäure, Kohlenoxyd und ölbildendes Gas zum Theil entfernen), am besten aber durch Erhitzen eines Gemenges von 8,5 Th. geschmolzenem Barythydrat mit 8,3 Th. wasserfreiem essigsaurem Natron.

§. 118. Das Wasserstoffsubcarburet ist ein farbloses, permanent-elastisches Gas von 0,5589 spec. Gewicht und schwachem eigenthümlich widerlichem Geruch, ohne Geschmack und Reaktion auf Pflanzenfarben, nicht athembar und wenig in Wasser löslich, unterhält nicht das Verbrennen, ist aber selbst sehr verbrennlich und brennt angezündet mit sehr heller gelblicher Flamme; es verbindet sich weder mit Basen noch mit Säuren.

Da das Wasserstoffsubcarburet mit Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft vermengt sehr heftig beim Entzünden verpufft und bei größeren Quantitäten eines solchen Gasgemisches, wie es sich z. B. in Kohlenschachten ansammelt, die furchtbarsten Explosionen verursacht, so müssen die Bergleute, welche es deßhalb *schlagendes Wetter* genannt haben, entweder im Dunkeln arbeiten oder sich der *Davy'schen Sicherheitslampe* bedienen, welche darauf construirt ist, daß eine Flamme nicht eher durch ein Drahtnetz hindurchschlägt, bis dieses selbst weißglühend geworden ist (die Sicherheitslampe besteht aus einer cylindrischen Hülle von mehrfach über einander liegendem Drahtgewebe, die unten mit der Oellampe verbunden und oben mit einem Henkel versehen ist; der Docht der Lampe wird von außen durch eine Schraube regulirt und überhaupt ist die ganze Vorrichtung so verschlossen, daß sie nicht geöffnet werden kann, sobald sie der Bergmann angezündet empfängt. Kommt er damit nun in ein schlagendes Wetter, so gibt sich dieses dadurch kund, daß sich die Flamme verlängert und im Innern des Drahtnetzcylinders rasch auf einander folgende kleine Explosionen des Gasgemisches stattfinden, die sich aber nicht eher nach außen fortpflanzen können, bis das Gewebe glühend geworden ist, was jedoch wegen seiner Entfernung von der Flamme nicht leicht stattfinden kann).

§. 119. Das Kohlenwasserstoffsubcarburet zerfällt beim Leiten durch glühende Röhren in seine Elemente, gibt bei der Entzündung mit Sauerstoffgas Wasser und Kohlensäure oder Kohlenoxydgas, je nachdem mehr oder weniger Sauerstoffgas vorhanden war, und ist überhaupt durch dieselben Mittel entzündbar, wie das Wasserstoffgas; es läßt sich auch mit Chlor vermengt durch den elektrischen Funken entzünden.

Da das Kohlenwasserstoffsubcarburet nicht am Sonnenlicht vom Chlor zersetzt wird, so läßt es sich hierdurch leicht von der folgenden Verbindung unterscheiden und trennen.

Wasserstoffcarburet, Kohlenwasserstoff im Minimo.

85,7	— 6,0 Kohlenstoff	2 Vol.	Kohlenstoffgas
14,3	— 1,0 Wasserstoff	2 „	Wasserstoffgas
100,0	— 7,0 Wasserstoffcarburet:	1 Vol.	Wasserstoffcarburetgas.

§. 120. Das von den holländischen Chemikern *Bondi*, *Deyman*, *Troostwyk*, *Louverenbourgh* und *Broblick* entdeckte Wasserstoffcarburet bildet sich beim schnellen Erhitzen organischer Körper, der Steinkohlen, des Torfes u.s.w. und beim Erhitzen des Weingeistes oder Aethers mit überschüssiger Schwefelsäure.

Wird im Großen behufs der Gasbeleuchtung auf die Weise dargestellt, daß man Steinkohlen in gußeisernen Cylindern glüht und das hierbei sich entwickelnde Gas erst durch mehrere große Behälter, worin sich der Theer absetzt, dann durch mit Heu oder Moos locker aufgeschichteten gelöschten Kalk, an welchen es die Kohlensäure, schwefelige Säure u. s. w. abgibt, und zuletzt in die größeren Gasbehälter (Gasreservoire) leitet, von wo es durch die allgemeinen Gasleitungsröhren bis dahin geführt wird, wo es zum Leuchten dienen soll. Im Kleinen stellt man es auf die Weise dar, daß man 1 Th. Weingeist mit 4 Th. concentrirter Schwefelsäure vermischt und das Gemische in passenden Gefäßen erhitzt, oder man läßt zu bis 160° erhitzter Schwefelsäure allmählig immer so viel Weingeist zutreten, daß die Temperatur nicht über 165° steigt. Das sich entwickelnde Gas wird durch Waschen mit Kalkmilch von der schwefeligen Säure befreit.

§. 121. Das Wasserstoffcarburet ist ein farbloses Gas von 0,9852 spec. Gewicht und ekelerregendem Geruch, wirkt eingeathmet sehr tödtlich, ist ohne Reaktion auf Pflanzenfarben, löst sich zu $^1/_6$ bis $^1/_8$ in Wasser, ist sehr verbrennlich und brennt mit lebhafter, stark leuchtender Flamme; bildet mit Chlor eine ölartige Verbindung, worin es die Rolle eines zusammengesetzten Radikals spielt.

Das Wasserstoffcarburet wird wegen der beim Entzünden hervortretenden Leuchtkraft Leuchtgas und wegen seiner ölartigen Verbindung mit Chlor auch ölbildendes Gas genannt.

§. 122. Das Wasserstoffcarburet verwandelt sich beim Leiten durch rothglühende Röhren unter Absatz von Kohlenstoff in Wasserstoffsubcarburet und giebt nach dem Vermischen mit dem dreifachen Volumen Sauerstoffgas durch den elektrischen Funken entzündet unter äußerst heftiger Explosion 2 Vol. Kohlensäuregas und 1 Vol. Wasserdampf, der sich bei der Abkühlung verdichtet.

Ueber Faraday's Wasserstoffcarburet, Weinöl, Weinölcamphor, Rosenstearopten, Wachsöl, Paraffin, Ceten, Caoutchoucöl und Eupion, die sämmtlich dieselbe procentische Zusammensetzung wie das Wasserstoffcarburet haben, so wie über andere Kohlenwasserstoffe, wie Benzin, Naphthalin, Steinöl und die sauerstofffreien ätherischen Oele, vergl. man theils in der Abtheilung der zusammengesetzten Radikale, theils im dritten Bande an betreffenden Orten.

Kohlenstoff und Stickstoff.

§. 123. Kohlenstoff und Stickstoff können sich in mehreren Verhältnissen vereinigen; die Verbindungen finden aber niemals unmittelbar statt und sind mit Ausnahme einer einzigen, des Cyans, C_2N, welches sich außer in den unten angeführten Fällen auch beim Leiten von reinem Stickstoffgas oder atmosphärischer Luft über ein glühendes Gemenge von kohlensaurem Kali und Kohle bildet und mit dem theilweise reducirten Kalium verbindet, Zersetzungsprodukte organischer Körper oder von Ammoniakverbindungen. Als ein Zersetzungsprodukt des Cyans ist das mit ihm gleichmäßig zusammengesetzte Paracyan, C_8N_4, und das Melon, C_6N_4, zu betrachten und diese beiden Verbindungen, wie das Cyan selbst, als zusammengesetzte Radikale in der dritten Abtheilung erörtert.

Als eine Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff ist nach J. W. Döbereiner auch die thierische Kohle (C_6N) zu betrachten (vergl. Bd. 3, S. 42 und 43); sie verliert jedoch durch wiederholtes Glühen mit Kali ihren Stickstoffgehalt gänzlich.

V—VII. Vom Chlor, Brom und Jod.

§. 124. Diese drei Elemente zeichnen sich nicht allein dadurch aus, daß sie nie frei, sondern stets gebunden und sehr häufig mit einander vorkommen, so daß man fast immer annehmen muß, daß da, wo der eine gefunden worden ist, auch die beiden anderen zu suchen sind, wie z. B. im Meerwasser und in den Salzsoolen in Verbindung mit den Metallen der Alkalien und Erden, sondern auch und insbesondere dadurch, daß sie die erste deutlich ausgesprochene natürliche Gruppe (vergl. §. 66) bilden, und sowohl unter einander, als auch und fast durchgehends dem Sauerstoff analog mit den übrigen Elementen Verbindungen bilden können, welche Haloidsalze genannt werden und unter einander verbunden wieder Salze bilden. Da die binären Verbindungen dieser drei Körper mit den Metallen den gewöhnlichen Salzen sehr ähnlich sind, so werden sie nebst dem ihnen verwandten Fluor Salzbilder oder Salzzeuger genannt. Die Wasserstoffverbindungen dieser Elemente geben in Berührung mit Metalloxyden Haloidsalze und Wasser.

Auch die meisten Verbindungen dieser Körper sind analog zusammengesetzt, und es ist fast mit Gewißheit anzunehmen, daß die fehlenden Verbindungen noch dargestellt werden; so gibt es

des Chlors,		Broms	und	Jods
		Sauerstoffverbindungen:		
ClO	—	BrO?	—	JO?
ClO_3	—	0	—	0
ClO_5	—	BrO_5	—	JO_5
ClO_7	—	BrO_7?	—	JO_7
		Wasserstoffverbindungen:		
ClH	—	BrH	—	JH
Cl_2H	—	Br_2H	—	J_2H
		Stickstoffverbindungen:		
Cl_3N	—	Br_3N	—	J_3N
		Metallverbindungen:		
KCl	—	KBr	—	KJ
$FeCl$	—	$FeBr$	—	FeJ
Fe_2Cl_3	—	Fe_2Br_3	—	Fe_2J_3.

A. Vom Chlor.

Symb. und Aequiv. Cl = 35,463. Atomengew. 221,64 oder 17,731 Doppelatom. = Ɛl (Cl_2) 443,280 oder 35,463. Spec. Gewicht 2,44. Spec. Wärme 0,135.

(Vergl. Bd. 3, S. 13—18.)

§. 125. Das Chlor bildet im tropfbar-flüssigen Zustand eine rein gelbe, sehr bewegliche, noch nicht bei — 17° erstarrende Flüssigkeit von 1,33 spec. Gewicht, bricht das Licht etwas schwächer als Wasser, ist ein Nichtleiter der Elektricität, greift dabei die Platindrähte nicht an, und bleicht trocknes Lakmuspapier, während das gasförmige Chlor diese Eigenschaft nur bei Gegenwart von Wasser zeigt. Das Chlorgas verbindet sich schon etwas über 0° mit wenig Wasser zu Chlorhydrat (Cl, 10 Aq.), welches eine dentritisch krystallinische, zuweilen in Nadeln und rhombischen Oktaëdern krystallisirende, blaßgelbe, durchscheinende Masse darstellt, leicht sublimirbar ist und an der Luft bei schwacher Erwärmung in Chlorgas und Chlorwasser, in verschlossenen Gefäßen in letzteres und tropfbar-flüssiges Chlor, die über einander geschichtet sind, zerfällt.

Tropfbar-flüssiges Chlor erhält man auch durch starke Compression und Abkühlung, oder durch Entwicklung von Chlor in verschlossenen Glasröhren aus rauchender Salzsäure und Braunstein oder saurem schwefelsaurem Kali, Kochsalz und Braunstein, und Abkühlung des anderen Theils der Röhre, welche in der Mitte geschmolzenes Chlorcalcium enthält. — Chlorhydrat setzt sich aus dem bis auf 0° abgekühlten Chlorwasser ab und wird in größeren Mengen erhalten, wenn man mit Chlor gefüllte und etwas Wasser enthaltende Flaschen einige Tage lang bei 0° stehen läßt (über die Bereitung und physikalischen Eigenschaften des gasförmigen Chlors vergl. Bd. 3, S. 14—17).

§. 126. Das Chlor verbindet sich fast mit allen einfachen Stoffen und zeigt hierbei die größte Verwandtschaft zum Wasserstoff und den Metallen, mit denen es sich unmittelbar oft schon bei gewöhnlicher Temperatur unter Feuerentwicklung verbindet; mit anderen Elementen verbindet sich das Chlor nur mittelbar durch Zersetzung seiner Wasserstoff- oder irgend einer andern Verbindung.

Chlorgas mit seinem gleichen Volumen Wasserstoffgas vermischt, vereinigen sich am Sonnenlicht mit einer Explosion und schwachen Lichterscheinung; metallisches Antimon in Chlorgas geschüttet, verbindet sich damit unter Feuerentwicklung. Eisen mit Chlorwasserstoffsäure in Berührung gebracht, giebt unter Entwicklung von Wasserstoffgas Chloreisen, Eisenoxyd aber Wasser und Chloreisen. Schwefelantimon mit Chlorquecksilber erhitzt giebt Chlorantimon und Schwefelquecksilber.

§. 127. Die Verbindungen des Chlors mit den Metallen entsprechen fast durchgehends den Sauerstoffverbindungen desselben Metalles und heißen im Allgemeinen Chlormetalle oder Chloride. Auch in ihrem chemischen Charakter entsprechen die Chloride den Oxyden, indem sie sich wieder unter einander verbinden können und zwar so, daß die Chlorverbindung desjenigen Metalles, welches mit Sauerstoff eine Basis giebt, sich ebenfalls wie eine Basis, und diejenige Verbindung, welche der Sauerstoffsäure eines Metalles entspricht, die Eigenschaften einer Säure zeigt; erstere heißen Chlorbasen, letztere Chlorsäuren und die Verbindungen beider unter einander Chlorsalze.

Bei der Benennung der Verbindungen des Chlors mit den Metallen wird nicht der basische oder saure Charakter derselben ausgedrückt, sondern gewöhnlich nur eine den Oxyden entsprechende Bezeichnung gebraucht, indem man die den Oxydulen entsprechenden Verbindungen Chlorüre (Chlorureta), die den Oxyden entsprechenden Chloride (Chloreta) und die den Superoxyden entsprechenden Superchloride (Superchloreta) nennt; z. B.

Manganoxydul	$= MnO$;	Manganchlorür	$= MnCl$
Manganoxyd	$= Mn_2O_3$;	Manganchlorid	$= Mn_2Cl_3$
Uebermangansäure	$= Mn_2O_7$;	Mangansuperchlorid	$= Mn_2Cl_7$.

Natron (NaO) ist eine Sauerstoffbasis, und Goldoxyd (AuO_3) eine Sauerstoffsäure; Chlornatrium ($NaCl$) ist eine Chlorbasis, Goldchlorid ($AuCl_3$) eine Chlorsäure. Die genannten Sauerstoffverbindungen bilden mit einander verbunden ein Sauerstoffsalz, die Chlorverbindungen aber ein Chlorsalz, welches dem Sauerstoffsalz ganz analog zusammengesetzt ist, denn

goldsaures Natron ist $= NaO, AuO_3$ und
Chlorgoldnatrium „ $= NaCl, AuCl_3$.

§. 128. Die Chlormetalle sind bei gewöhnlicher Temperatur theils flüssig und dann ungemein flüchtig, theils fest, aber leicht schmelzbar und großentheils flüchtig, nur wenige feuerbeständig (absolut feuerbeständig vielleicht gar keins) und einige zerfallen in der Glühhitze in Metall oder niedere Chlorverbindungen und Chlor. Mehrere Chlormetalle, welche für sich nicht in der Hitze zersetzt werden, geben beim Glühen an der Luft Metalloxyde und Chlorgas. Durch reinen Kohlenstoff werden die Chlormetalle in der Weißglühhitze nicht zersetzt; nur bei Gegenwart von Wasserstoff, wie z. B. bei Anwendung von Pflanzenkohle (vergl. §. 116), tritt anfangs eine Bildung von Salzsäure und Abscheidung von Metall ein; wird hingegen ein mit Kohle vermengtes Chlormetall in der Glühhitze mit Wasserdämpfen in Berührung gebracht, so tritt unter Bildung von Kohlensäure und Kohlenoxyd eine Zersetzung in Metall und Salzsäure ein. Schwefel wirkt in der Hitze auf kein Chlormetall und Phosphor nur auf wenige zersetzend ein. Die feuerbeständigen Chlormetalle zersetzen sich nicht im vollkommen trocknen Zustand beim Glühen mit Kieselerde, Beryllerde und Alaunerde, verglaster Borsäure und kalkhaltiger Phosphorsäure; bei Einwirkung von Wasserdämpfen tritt Oxydation der Metalle und Verbindung mit den genannten Stoffen ein und das Chlor verbindet sich mit dem Wasserstoff. Wasserfreie Schwefelsäure hingegen wirkt auf glühendes Kochsalz (NaCl) zersetzend, indem ein Theil derselben den Sauerstoff theilweise abgiebt und das Natrium in Oxyd verwandelt, welches sich mit der unzersetzten Schwefelsäure verbindet, und es entweicht ein Gemenge von gleichen Raumtheilen schwefeliger Säure und Chlorgas. Auch die Salpetersäure zersetzt mehrere Chlormetalle, indem sie auf ihre Kosten die Metalle oxydirt und Chlor entwickelt wird. Die meisten Chlormetalle werden aber durch wasserhaltige Schwefelsäure, Borsäure, Phosphorsäure und Arsensäure theils bei gewöhnlicher Temperatur, theils in der Hitze in Sauerstoffsalze und Salzsäure verwandelt. Die meisten Chlormetalle sind in Wasser und mehrere auch in Weingeist, Aether, ätherischen Oelen u. s. w. löslich; die in Wasser löslichen geben mit sehr verdünnten Lösungen von Quecksilberoxydul- und Silberoxydsalzen oder mit einer concentrirteren Bleisalzlösung weiße Niederschläge, von denen sich der aus Bleisalzen in vielem Wasser, und der aus Silbersalzen, welcher sich auch am Licht rasch dunkel färbt, in Ammoniak löst und der aus Quecksilberoxydulsalzen durch Ammoniak schwarz gefärbt wird. Einige Chlormetalle verbinden sich mit den Oxyden derselben Metalle zu sog. Oxychloriden (Oxychloreta) und andere nach bestimmten Verhältnissen mit Ammoniak und mit Chlorwasserstoffsäure.

Zinn, Arsen und Antimon geben mit Chlor flüssige, ölartige Verbindungen, welche sonst Metallöle genannt wurden; Chlorzink, Chlorwismuth und eine andere Chlorverbindung des Antimons sind butterartig, und wurden sonst Metallbuttern genannt. Chlorsilber und Chlorblei geben beim Schmelzen und Erkalten hornartige Massen und wurden deßhalb früher Hornmetalle genannt. Gold- und Platinchlorid entlassen in der Hitze alles, Kupferchlorid nur die Hälfte Chlor. Chlormangan und Chloreisen geben beim Erhitzen an der Luft viel, die Chloride der Erdalkalimetalle nur wenig Oxyd. (Ueber die chemische Natur der wasserhaltigen oder in Wasser gelösten Chlormetalle vergl. bei Chlorwasserstoffsäure §. 145.)

§. 129. Die Chlormetalle entstehen bei der Einwirkung von Chlor auf Metalle oder mehrere Metalloxyde bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur, bei der Zersetzung des Chlorwasserstoffgases bei gewöhnlicher

Temperatur oder in der Hitze oder durch den elektrischen Funken unter Gegenwart mehrerer Metalle, bei der Einwirkung der meisten Metalloxyde auf Chlorwasserstoffsäure, beim Leiten von Chlorgas über mehrere mit Kohle vermengte und glühende Metalloxyde, bei den verschiedenen Zersetzungen der unterchlorigsauren, chlorigsauren, chlorsauren und überchlorsauren Salze und durch einfache oder doppelte Verwandtschaft.

Kalium, pulveriges Arsen, Wismuth oder Antimon, Stanniol (durch Wasserstoffgas aus dem Oxyd reducirtes), Kupfer oder Nickel verbinden sich schon bei gewöhnlicher Temperatur, Natrium, Wolfram, Mangan, Zink, Tellur, Eisen, Kobalt und Quecksilber in der Hitze mit Feuererscheinung, Blei, Silber, Gold und Platin aber bei keiner Temperatur unter Feuererscheinung mit Chlor. Silberoxyd giebt schon bei gewöhnlicher Temperatur mit Chlorgas Chormetall, die Alkalien, z. B. Kalk, erst in der Hitze. Salzsaures Gas in Berührung mit Quecksilber elektrisirt giebt Chlorquecksilber und Wasserstoffgas. Baryt oder Strontian giebt mit Chlorwasserstoffgas unter Erglühen, Kalk unter starker Erwärmung, Chlormetall und Wasser. Alaunerde mit Kohle vermengt und geglüht, giebt beim Ueberleiten von Chlorgas Chloralumium und Kohlenoxyd oder Kohlensäure. Die Salze der verschiedenen Chlorsäuren geben beim Erhitzen Chormetall. Chlorquecksilber giebt mit metallischem Antimon Chlorantimon und Quecksilber, mit Schwefelantimon Chlorantimon und Schwefelquecksilber. Die gewöhnliche Darstellung der in Wasser gelösten Chlormetalle ist die, daß man die Metalle, reinen oder kohlensauren Oxyde mit wässeriger Chlorwasserstoffsäure oder die Metalle mit Königswasser bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur behandelt.

Chlor und Sauerstoff.

§. 130. Das Chlor hat wenig Verwandtschaft zum Sauerstoff und kann sich mit demselben nur mittelbar, aber in verschiedenen Verhältnissen verbinden und saure Oxyde bilden. Man kennt jetzt mit Bestimmtheit die unterchlorige Säure, $Cl\,O$, chlorige Säure, $Cl\,O_3$, Chlorsäure, $Cl\,O_5$, und Ueberchlorsäure, $Cl\,O_7$.

Früherhin nahm man auch ein Chloroxyd an, welches sich aus geschmolzenem chlorsaurem Kali beim Uebergießen mit concentrirter Schwefelsäure und allmähligem Erwärmen als ein lebhaft gelb gefärbtes, durch starken Druck zu einer gelben Flüssigkeit verdichtbares Gas entwickelt; es ist nach der Formel $Cl\,O_4$ zusammengesetzt und kann als eine Verbindung von chloriger Säure mit Chlorsäure $= Cl\,O_3, Cl\,O_5$, betrachtet werden. Das von Davy durch Erhitzen von chlorsaurem Kali mit Chlorwasserstoffsäure dargestellte Chloroxydul oder Euchlorin ist ein orangegelbes Gas und als eine andere Verbindung von chloriger Säure und Chlorsäure ($Cl\,O_3$, $2\,Cl\,O_5$) zu betrachten. Beide Gasarten sind aber gewöhnlich mit Chlor- und Sauerstoffgas vermengt.

Unterchlorige Säure.

81,6 — 35,463 Chlor		2 Vol. Chlorgas
18,4 — 8,000 Sauerstoff		1 „ Sauerstoffgas
100,0 — 43,463 unterchlorige Säure:		2 Vol. unterchlorigs. Gas.

Symb. und Aequiv. $Cl\,O = 43{,}463$. Atom. $\text{€}l\,O$ ($Cl_2\,O$).

§. 131. Die von Balard entdeckte unterchlorige Säure bildet sich bei der Einwirkung von Chlorgas auf mit Wasser in Berührung stehendes

Quecksilberoxyd oder auf wässerige Alkalien und einige andere stärkere Salzbasen und deren Verbindungen mit Kohlensäure oder Essigsäure.

Man erhält die unterchlorige Säure dadurch, daß man in eine mit Chlor gefüllte Flasche Quecksilberoxyd und etwas Wasser bringt, die Flüssigkeit einer vorsichtigen Rectification unterwirft und das Destillat unter einer mit Quecksilber gefüllten Glocke mit trocknem salpetersaurem Kalk in Berührung bringt, welcher das Wasser anzieht und die Säure gasförmig entwickelt; oder man leitet trocknes Chlorgas über Quecksilberoxyd und fängt das entweichende Gas in einer Flasche auf.

§. 132. Die unterchlorige Säure bildet ein dunkelgelbes Gas, welches sich bei — 20° zu einer rothen Flüssigkeit verdichtet, hat einen durchdringenden, dem Chlor etwas ähnlichen Geruch, wird sehr rasch vom Wasser absorbirt und bleicht und zerstört alle organischen Substanzen.

Wässeriges Chlorwasser mit Quecksilberoxyd behandelt und nachher 1/6 abdestillirt, giebt ein unterchlorigsäurehaltiges Destillat, welches dieselbe Bleichkraft besitzt, als vorher das wässerige Chlor, obgleich es die Hälfte von diesem (welche vom Quecksilber aufgenommen wurde) weniger enthält; es ist der Sauerstoff der unterchlorigen Säure, welcher nun statt des fehlenden Chlors bleichend wirkt.

§. 133. Die unterchlorige Säure zersetzt sich beim Erwärmen unter Explosion, am Licht ohne diese in seine Bestandtheile, verpufft in Berührung mit Kohle und, mit Wasserstoffgas vermengt, bei Annäherung eines brennenden Körpers und entzündet leicht oxydirbare Körper, wie Phosphor, Schwefel, Selen, Jod und Arsen, diese auf ihre höchsten sauren Oxydationsstufen bringend; Kalium und viele andere Metalle, Phosphorcalcium und Schwefelmetalle werden oxydirt und in Chlormetalle verwandelt.

Die wässerige Lösung der unterchlorigen Säure wirkt ähnlich, indem sie unter Wärmeentwicklung und Bildung von Chloriden oder Entwicklung von Chlorgas die brennbaren Körper und ihre niederen Oxydationsstufen in die höheren (Silberoxyd aber unter Entwicklung von Sauerstoffgas in Chlorsilber) verwandelt.

§. 134. Die unterchlorige Säure bildet mit den Alkalien, alkalischen Erden und einigen Metalloxyden (Kupferoxyd und Zinkoxyd) die unterchlorigsauren Salze, Subchlorites, welche auch in Beziehung auf frühere Ansichten über die chemische Constitution und die alkalische Basis Chloralkalien und wegen ihrer bleichenden Eigenschaft Bleichsalze genannt werden. Sie haben einen ätzenden und schrumpfenden Geschmack, vertrocknen den Speichel, entwickeln in Berührung mit organischen Substanzen einen eigenthümlichen Geruch, bleichen im neutralen Zustand alle organischen Körper (bei Ueberschuß von Basis erst bei Zusatz einer Säure) und werden durch fast alle Säuren zersetzt, indem unterchlorige Säure abgeschieden, durch die stärkeren Säuren aber, wie Schwefelsäure u. s. w., aus den chlormetallhaltigen Salzen nur Chlor entwickelt und der Sauerstoff der unterchlorigen Säure zur Oxydation des vorhandenen Chlormetalles verwendet wird. Die unterchlorigsauren Salze entwickeln meist nach und nach, besonders am Tageslicht oder beim Erhitzen, Sauerstoff und verwandeln sich (auch schon bei überschüssiger Säure) in Chlormetall und chlorsaures Salz, und wirken, wie die reinen Säuren oxydirend; sie verlieren ihre Bleichkraft bei Zusatz von in Salpetersäure gelöster arseniger Säure und geben mit Bleioxydlösungen einen Niederschlag von braunem Bleisuperoxyd.

Man erhält die unterchlorigsauren Salze unmittelbar durch Sättigen der Säure mit den Basen (Alkalien, alkalischen Erden, Magnesia,

Kupferoxydhydrat und Zinkoxydhydrat) unter Vermeidung aller Erhitzung, oder (mit Chlormetallen vermischt) durch Einwirkung von Chlorgas auf in Wasser gelöste oder vertheilte reine und kohlensaure Alkalien, Erdalkalien und Magnesia.

§. 135. Chlorige Säure.

59,64 — 35,463 Chlor	2 Vol. Chlorgas	
40,36 — 24,000 Sauerstoff	3 „ Sauerstoffgas	
100,00 — 59,463 chlorige Säure:	? Vol. chlorigsaures Gas.	

Symb. und Aequiv. $ClO_3 = 59{,}463$. Atom. $\text{Ɇl}\,O_3$ $(Cl_2\,O_3)$.

Diese im Ganzen noch wenig bekannte Säure bildet sich bei der Einwirkung von Weinsteinsäure oder arseniger Säure auf Chlorsäure und stellt ein tiefgrünes, durch Druck und Abkühlung zu einer Flüssigkeit zu verdichtendes Gas dar, welches einen stechenden Geruch hat, die Haut gelb färbt, sich in $^1/_6$ seines Volumens Wasser löst, die meisten Metalle (Gold, Platin und Antimon ausgenommen) oxydirt, am Sonnenlicht zersetzt wird und bei 57^0 schwach explodirt.

Wird durch Digestion von 4 Th. chlorsaurem Kali und 3 Th. arseniger Säure mit 12 Th. Salpetersäure bei 45^0 erhalten (über die früher sog. chlorige Säure ClO_4 oder das Chloroxyd vergl. §. 130).

Chlorsäure, überoxydirte Salzsäure.

46,95 — 35,463 Chlor	2 Vol. Chlorgas
53,05 — 40,000 Sauerstoff	5 „ Sauerstoffgas
100,00 — 75,463 Chlorsäure:	? Vol. Chlorsäuregas ?

Symb. und Aequiv. $ClO_5 = 75{,}463$. Atom. $\text{Ɇl}\,O_5$ $(Cl_2\,O_5)$.

§. 136. Die im wasserfreien Zustand unbekannte, als Hydrat zuerst von Gay-Lussac dargestellte Chlorsäure bildet sich bei der Zersetzung der Salze der niedrigern Oxydationsstufen des Chlors und bei der Einwirkung von Chlor auf in Wasser gelöstes Alkali, im wässerigen Zustand bei der Einwirkung des Lichtes auf wässerige chlorige Säure.

Man erhält das Chlorsäurehydrat durch Zersetzung des in Wasser gelösten chlorsauren Baryts mit Schwefelsäure oder des in heißem Wasser gelösten chlorsauren Kalis mit überschüssiger Kieselfluorwasserstoffsäure und vorsichtiges Verdunsten der filtrirten Flüssigkeiten.

§. 137. Das Chlorsäurehydrat stellt eine wasserhelle Flüssigkeit dar, hat einen stechenden, der Salpetersäure ähnlichen Geruch und einen sehr sauren, zusammenziehenden Geschmack, röthet das Lakmuspapier und entfärbt es dann schnell, wird nicht am Licht zersetzt, löst sich in allen Verhältnissen in Wasser und fällt nicht die Blei-, Quecksilberoxydul- und Silbersalze.

Die verdünnte Chlorsäure ist geruchlos und entfärbt das Lakmuspapier erst in einigen Tagen.

§. 138. Das Chlorsäurehydrat entläßt beim Erwärmen über 40^0 das Wasser und zersetzt sich dann in Chlorgas, Sauerstoffgas und Ueberchlorsäure, verwandelt sich mit schwefeliger Säure, je nach den Verhältnissen, unter Bildung von Schwefelsäure in Chlor oder Salzsäure, durch Schwefelwasserstoff in Salzsäure und Schwefel oder Salzsäure und Schwefelsäure, durch Salzsäure in Chlor und Wasser, wird von phosphoriger Säure, Phosphorwasserstoff, Weingeist und Aether zersetzt und wirkt auf Zink unter Entwicklung von Wasserstoffgas und Bildung von Salzsäure lösend.

Vorsicht beim Verdunsten der wässerigen Lösung, um die durch Wärme bedingte Zersetzung zu vermeiden; auch Filtrirpapier wirkt zersetzend, indem dieses eingetaucht und herausgezogen sich mit lebhaftem Feuer entzündet.

§. 139. Die Chlorsäure bildet mit den basischen Oxyden die chlorsauren Salze, Chlorates; diese sind sämmtlich in Wasser, zum Theil auch in Weingeist löslich und krystallisirbar und werden in der Glühhitze zersetzt, wobei sie zum Theil sowohl den Sauerstoff der Säure, wie den der Basis entwickeln (wie bei den Salzen der Alkalien, des Bleis, Silbers u. s. w.) und Chlormetall hinterlassen, zum Theil Chlorgas und Sauerstoffgas geben (wie bei den Salzen der Erden) und Oxyde hinterlassen, zum Theil (z. B. das Kalisalz) bei beginnender Zersetzung erst in Chlormetall und überchlorsaures Salz verwandelt werden. Die chlorsauren Salze mit brennbaren Körpern vermischt verpuffen bei der Erhitzung, beim Stoß und zum Theil bei Berührung mit Schwefelsäure oft mit der größten Gewalt und verwandeln in der Hitze mehrere Oxyde in höhere Oxydationsstufen, werden durch Schwefelsäure oder Salpetersäure unter Entwicklung von Chloroxyd, Chlorgas und Sauerstoffgas und Bildung von schwefelsauren und überchlorsauren Salzen und durch Salzsäure, Phosphorsäure, Arsensäure, Oxalsäure, Citronensäure und Weinsteinsäure unter Entwicklung von Euchloringas zersetzt, wirken auf kein Metallsalz fällend und bleichen in der wässerigen Lösung nur bei Gegenwart einer Säure die Pflanzenfarben.

Man erhält die chlorsauren Salze entweder unmittelbar durch Zusammenbringen der wässerigen Säure mit der Base, oder durch Lösen des Zinks und einiger anderer Metalle in der verdünnten Säure, oder und unter gleichzeitiger Bildung von Chlormetallen beim Einleiten von überschüssigem Chlorgas durch in Wasser gelöstes oder vertheiltes reines oder kohlensaures Alkali und nachheriges Erhitzen der Flüssigkeit, oder durch doppelte Affinität, z. B. aus chlorsaurem Kalk und kohlensaurem Kali.

Ueberchlorsäure, oxydirte Chlorsäure.

38,77 — 35,463 Chlor		2 Vol. Chlorgas
61,23 — 56,000 Sauerstoff		7 „ Sauerstoffgas
100,00 — 91,463 Ueberchlorsäure:		? Vol. Ueberchlorsäuregas?

Symb. und Aequiv. $ClO_7 = 91,463$. Atom. $\mathrm{Cl}O_7$ $(Cl_2\,O_7)$.

§. 140. Die vom Grafen Stadion entdeckte, nur als Hydrat bekannte Ueberchlorsäure bildet sich bei der Erwärmung der wässerigen Chlorsäure und bei der Zersetzung des chlorsauren Kali durch Schwefelsäure oder Salpetersäure oder bei der Erhitzung desselben bis zum anfangenden Schmelzen.

Man erhält das Ueberchlorsäurehydrat durch Berührung der concentrirten wässerigen Säure mit Schwefelsäure (unter großem Verlust, da die meiste Säure dabei in Chlorgas und Sauerstoffgas zerfällt), oder durch Erhitzung von 1 Aequiv. chlorsaurem Kali mit 4 Aequiv. Schwefelsäure, die wässerige Chlorsäure durch vorsichtige Destillation der wässerigen Chlorsäure, oder durch Destillation des chlorsauren Kali mit wasserhaltiger Schwefelsäure, oder durch Zersetzung des überchlorsauren Kalis mit Kieselfluorwasserstoffsäure oder des Barytsalzes mit Schwefelsäure und vorsichtiges Verdampfen und Destilliren der filtrirten Flüssigkeiten.

§. 141. Das Ueberchlorsäurehydrat stellt eine weiße talgähnliche oder krystallinische Masse dar, krystallisirt auch in vierseitigen Säulen, schmilzt bei 45°, stößt an der Luft weiße Nebel aus, zerfließt schnell und verursacht beim Eintröpfeln in Wasser ein Zischen; die flüssige, möglichst concentrirte Säure ist farblos, von 1,65 spec. Gewicht, raucht wenig an der Luft, siedet bei 200°, verdampft aber schon bei 138° ohne Zersetzung, ist ohne Geruch, von

starkem und angenehm saurem Geschmack, röthet Lakmus, ohne es nachher zu bleichen, und wird nicht durch Sonnenlicht, Schwefelwasserstoff, schwefelige Säure, Salzsäure und Weingeist zersetzt.

Papier in dem Dampf der Säure gebracht, entzündet sich lebhaft von selbst, aber nicht, wenn es in die flüssige Säure getaucht und herausgenommen wird, zeigt aber dann bei Berührung mit einer glühenden Kohle ein lebhaftes Funkensprühen.

§. 142. Die Ueberchlorsäure bildet mit den basischen Oxyden die überchlorsauren Salze, Superchlorates; sie sind krystallisirbar und alle, mit Ausnahme des schwer löslichen Kalisalzes, in Wasser leicht, die zerfließlichen auch in Weingeist löslich; sie zersetzen sich in der Hitze wie die chlorsauren Salze, aber schwieriger, verpuffen heftig auf glühenden Kohlen und werden durch die stärksten Säuren, selbst durch Schwefelsäure unter 100° nicht zersetzt; die wässerige Lösung wirkt auf kein Metallsalz, wohl aber auf Kalisalze fällend und wird nicht durch Schwefelwasserstoff zersetzt.

Man erhält die überchlorsauren Salze theils unmittelbar durch Zusammenbringen der Säure und Basis, theils nach §. 140, theils durch Zersetzung des Kalisalzes mit Kieselfluormetallen oder des Barytsalzes mit schwefelsauren Salzen.

Chlor und Wasserstoff.

§. 143. Das Chlor verbindet sich mit dem Wasserstoff schon unter Mitwirkung des Sonnenlichtes zu Chlorwasserstoff ClH, welcher die einzige Verbindung beider Elemente ist.

Ein Zweifach-Chlorwasserstoff, Cl_2H, ist vielleicht in der Flüssigkeit enthalten, welche man erhält, wenn durch eine Frostmischung abgekühlte Salzsäure nach und nach mit Bleisuperoxyd vermischt wird; es entsteht ohne Chlorentwicklung ein weißer Niederschlag von Chlorblei und eine gelbe Flüssigkeit, welche, sich selbst überlassen, mehrere Tage lang Chlor entwickelt, mit Zink oder Quecksilber Chlormetall neben freier Salzsäure giebt, entfärbend wirkt und, mit Oxalsäure zusammengebracht Kohlensäure, entwickelt.

Chlorwasserstoff, Salzsäure. (Vergl. Bd. 3, S. 281—291.)

97,25	—	35,463 Chlor	1 Vol.	Chlorgas
2,75	—	1,000 Wasserstoff	1 „	Wasserstoffgas
100,00	—	36,463 Chlorwasserstoff:	2 Vol.	Chlorwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. ClH = 36,463. Atom. €l**H** (Cl_2H_2).

Ueber Bildung, Darstellung und Eigenschaften des wässerigen und gasförmigen Chlorwasserstoffes vergl. a. a. O.

§. 144. Das Chlorwasserstoffgas zerfällt zum kleineren Theil bei fortgesetztem Durchschlagen elektrischer Funken, giebt mit Sauerstoffgas vermengt und elektrisirt oder mit erhitztem Platinschwamm in Berührung gesetzt Wasser und Chlor, mit trockner schwefeliger Säure Wasser, Chlor und Schwefel, mit unterchlorigsaurem Gas Wasser und Chlor, mit Metallen theils bei gewöhnlicher, theils bei erhöhter Temperatur Chlormetall und Wasserstoffgas und mit trocknen salzfähigen Oxyden (nicht mit den Erden) Chlormetall und Wasser und entläßt in Berührung mit den Superoxyden und einigen Metallsäuren Chlor unter Bildung von Chlormetall und Wasser.

Die wässerige Chlorwasserstoffsäure verhält sich gegen unterchlorigsaures

Gas, Metalle, Metalloxyde, Superoxyde und Metallsäuren wie das Gas.

§. 145. Der Chlorwasserstoff bildet in Berührung mit Metalloxyden Wasser und **Chlormetalle** (vergl. §§. 127 — 129). Da viele derselben (mit Ausnahme des Chlorsilbers, Quecksilberchlorürs, Kupferchlorürs, Platinchlorürs und Goldchlorürs) in Wasser löslich sind und bei dem Uebergang in die feste Form (beim Krystallisiren) Wasser aufnehmen, so werden diese wasserhaltigen Chlormetalle von mehreren Chemikern als Verbindungen von Chlorwasserstoff und Metalloxyd betrachtet, d. h. angenommen, daß der Wasserstoff des Wassers noch mit dem Chlor, der Sauerstoff aber mit dem Metall verbunden sei. Diese sog. **chlorwasserstoffsauren** oder **salzsauren Salze** (Hydrochlorales, Muriates) geben beim Verdampfen ihrer Lösungen Chlormetalle entweder als solche oder in Verbindung mit Wasser und die wasserhaltigen Krystalle beim weiteren Erhitzen entweder Chlormetall und Wasser oder Metalloxyd und Salzsäure.

Aus der wässerigen Lösung des Kochsalzes krystallisirt wasserfreies Chlornatrium ($NaCl$), aus der Lösung des Baryts in Salzsäure Chlorbaryum mit 2 Aequiv. Wasser ($BaCl$, $2HO$); man kann jedoch auch annehmen, daß in letzterem Falle chlorwasserstoffsaurer Baryt mit 1 Aequiv. Wasser (BaO, $HCl + Aq$) krystallisire. Das wasserhaltige Chlorbaryum giebt beim trockenen Erhitzen Wasser und Chlorbaryum, wasserhaltiges Chloralumium oder Chlormagnium aber Salzsäure und Alaunerde oder Magnesia.

§. 146. Die Chlorwasserstoffsäure verbindet sich auch mit einigen Chlormetallen; die entstehenden Verbindungen sind entweder als Chlorsalze (vergl. §. 127) zu betrachten, in welchen die Chlorwasserstoffsäure die Rolle einer Säure und das Chlormetall die einer Basis spielt, oder (da zugleich immer Wasser vorhanden ist) sie sind nach der anderen Ansicht **saure chlorwasserstoffsaure Salze**.

Antimonchlorür ($SbCl_3$) löst sich ohne Fällung in wässeriger Salzsäure und die gebildete wasserhaltige Verbindung läßt sich entweder als Chlorwasserstoff-Antimonchlorür ($SbCl_3$, $3\,ClH$, $3\,HO$) oder als saures chlorwasserstoffsaures Antimonoxyd (SbO_3, $6\,ClH$) betrachten.

Chlor und Stickstoff.

§. 147. Chlor und Stickstoff haben für sich keine Wirkung auf einander; wird hingegen Chlorgas durch die Lösung eines Ammoniaksalzes geleitet, so wird das Ammoniak (H_3N) zersetzt, indem 4 Aequiv. desselben unter Abscheidung von Stickstoff mit 3 Aequiv. Chlor zu Chlorammonium ($3\,H_4NCl$) zusammentreten und der abgeschiedene Stickstoff sich mit 3 Aequiv. des überschüssigen Chlors zu **Chlorstickstoff** (Cl_3N) verbindet. Diese Verbindung stellt eine gelbliche, ölartige, in Wasser untersinkende, sehr flüchtige, nicht gefrierende, in Schwefelkohlenstoff lösliche Flüssigkeit dar, welche durch die geringsten Veranlassungen unter den heftigsten Explosionen in ihre Bestandtheile zerfällt.

Der Chlorstickstoff ist wegen seiner höchst gefahrvollen Explosionen, die durch Erhitzung, Berührung mit vielen Körpern u. s. w. herbeigeführt werden, **Höllenöl** genannt worden; beim Behandeln ammoniakalischer Salzlösungen mit Chlor ist seine Bildung zu erwarten und muß dabei mit großer Vorsicht verfahren werden.

Als eine Verbindung von Chlor, Stickstoff und Sauerstoff oder als Salpetersäure, in welcher 2 Aequiv. Sauerstoff durch Chlor vertreten sind, ist zu betrachten:

Chlorstickstoffsäure.

65,10	—	70,926 Chlor	4	Vol.	Chlorgas
12,85	—	14,000 Stickstoff	2	„	Stickstoffgas
22,05	—	24,000 Sauerstoff	3	„	Sauerstoffgas
100,00	—	108,926 Chlorstickstoffsäure:	?	Vol.	chlorstickstoffsaures Gas?

Symb. und Aequiv. $Cl_2\,NO_3$ = 108,926. Atom. $Cl_2\,NO_3$ ($Cl_4\,N_2\,O_3$).

§. 148. Diese von Baudrimont als der wirkende Bestandtheil des Königswassers (vergl. Bd. 3, S. 291 und 292) erkannte Säure stellt eine rothe, bei niedriger Temperatur siedende Flüssigkeit dar, welche nicht auf Phosphor wirkt, aber pulveriges Arsen in eine weiße Masse verwandelt, pulveriges Silber verbrennt, Gold stürmisch auflöst und mit Weingeist sogleich salpetrigsaures Aethyloxyd bildet; bei der Einwirkung auf wässerige Basen entstehen Chlormetalle und salpetersaure Salze.

Man erhält die Chlorstickstoffsäure aus dem Königswasser durch vorsichtige Destillation nach einer durch Eis abgekühlten Vorlage.

Anmerk. Früherhin nahm man an, daß Chlor die Wirksamkeit des Königswassers bedinge, indem die Salzsäure durch die Salpetersäure in so weit zersetzt (nämlich Chlor in Freiheit gesetzt und Untersalpetersäure gebildet) werde, bis sich die Flüssigkeit mit Chlor gesättigt habe, dann aber die Zersetzung aufhöre und nicht eher wieder beginne, bis das vorhandene Chlor theilweise oder gänzlich (durch Metalle u. s. w.) entfernt worden sei.

Chlor und Kohlenstoff.

§. 149. Chlor und Kohlenstoff haben für sich keine Wirkung auf einander, verbinden sich aber, wenn Kohlenwasserstoffe unter Mitwirkung des Lichtes, der Hitze u. s. w. mit Chlor behandelt werden. Man kennt bis jetzt: Kohlenstoffsuperchlorid, $C\,Cl_2$, welches durch Vermischung von 1 Vol. Wasserstoffsubcarburet mit 4 Vol. Chlorgas erhalten wird und eine farblose, aromatisch-stechend riechende Flüssigkeit von 1,599 spec. Gewicht darstellt, bei 78° siedet, unzersetzt flüchtig ist und sich nicht in Wasser, wohl aber in Weingeist und Aether löst. Kohlenstoffsuperchlorür, $C_2\,Cl_3$, bildet sich bei Einwirkung von Chlorgas im Sonnenlicht auf die aus Chlor und ölbildendem Gas entstandene Verbindung (vergl. Bd. 3, S. 1064), stellt farblose oktaëdrische Krystalle von 2,00 spec. Gewicht dar, ist ohne Geschmack, von camphorartigem Geruch und bei 160° schmelzbar, siedet bei 180°, ist flüchtig und wenig in Wasser, leicht in Weingeist, Aether, fetten und flüchtigen Oelen, ätzenden Alkalien und Schwefellebern löslich. Kohlenstoffchlorid, $C\,Cl$, wird durch Vermischung der weingeistigen Lösung des Kohlenstoffsuperchlorürs mit Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium, so lange als sich Schwefelwasserstoff entwickelt, Destillation und Vermischen des Destillates mit Wasser als eine farblose Flüssigkeit von 1,6192 spec. Gewicht erhalten, siedet bei 72°, löst sich nicht in Wasser, aber in Weingeist, Aether, fetten und ätherischen Oelen, und wird von Alkalien und Säuren weder gelöst noch zersetzt. Kohlenstoffchlorür, $C_2\,Cl$, entsteht bei der Leitung der vorigen Verbindung durch glühende Porzellanröhren, stellt weiße, vierseitige Nadeln dar, ist geschmacklos, hat einen fettähnlichen Geruch, schmilzt nicht, verflüchtigt sich bei 120 bis 200° und ist in Aether löslich.

Die übrigen Verbindungen des Chlors mit dem Kohlenstoff werden in der Chemie der zusammengesetzten Radikale, als dahin gehörend, betrachtet.

Als eine Verbindung mit Chlor, Kohlenstoff und Sauerstoff ist zu erörtern:

Chlorkohlenoxyd, Kohlenacichlorid, Phosgengas.

71,66	— 35,463 Chlor	1 Vol. Chlorgas	
28,34	— 14,000 Kohlenoxyd	1 „ Kohlenoxydgas	
100,00	— 49,463 Chlorkohlenoxyd:	1 Vol. Chlorkohlenoxydgas.	

Symb. und Aequiv. Cl CO = 49,463. Atom. Ꞓl CO (Cl_2 CO).

§. 150. Das Phosgengas erzeugt sich, wenn gleiche Volumina Chlorgas und Kohlenoxydgas mit einander gemischt dem Sonnenlicht ausgesetzt werden oder über glühendes Chlorblei oder Chlorsilber Kohlenoxydgas geleitet wird; es ist farblos, von scharfem erstickendem Geruch, die Augen zum Thränen reizend, von 3,408 spec. Gewicht, röthet feuchtes Lakmuspapier, wird in großer Menge von Weingeist absorbirt, zerfällt in Berührung mit Wasser in Kohlensäure und Salzsäure und wird nicht, mit Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas vermischt, durch den elektrischen Funken entzündet, wohl aber wenn es mit beiden zugleich vermischt ist; Kalium wird unter Abscheidung von Kohle in Chlorkalium und Kali, erhitztes Arsen, Antimon, Zinn und Zink unter Freiwerden von Kohlenoxyd in Chlormetall, und erhitztes Zinkoxyd unter Bildung von Kohlensäure in Chlorzink verwandelt.

Das Phosgengas läßt sich auch als kohlensaures Kohlenstoffsuperchlorid ($2 \times$ Cl CO = C Cl_2, CO_2) betrachten; man kennt auch ein Kohlenacitrichlorid, Cl_3 C_2 O $\times$ 2 = CO_2, 3 C Cl_2, welches eine farblose, bei 100° siedende Flüssigkeit bildet.

B. Vom Brom.

Symb. und Aequiv. Br = 80,0. Atomengew. 499,65 oder 40,0. Doppelatom = Br (Br_2) 999,3 oder 80,0. Spec. Gewicht des dampfförmigen = 5,393, des flüssigen = 2,966. Spec. Wärme?

(Vergl. Bd. 3, S. 18–21.)

§. 151. Das Brom bildet mit Wasser eine Verbindung, das Bromhydrat (Br, 10 Aq), welches hyacinthrothe regelmäßige Oktaëder oder eine blättrig krystallinische Masse darstellt und über 15° in Brom und Bromwasser zerfällt, die sich bei 0° wieder verbinden.

Wird erhalten, wenn viel Brom mit wenig Wasser dem Gefrierpunkt ausgesetzt oder bei 4° Bromdampf durch eine mit wenig Wasser befeuchtete Glasröhre geleitet wird.

§. 152. Das Brom verhält sich gegen die übrigen einfachen Körper ganz dem Chlor (vergl. §. 126) analog, hat aber eine schwächere Affinität als dieses. Die Verbindungen mit Metallen heißen im Allgemeinen Brommetalle oder Bromide und behaupten unter einander den Charakter einer Säure oder Basis (Bromsäuren und Brombasen) und stellen mit einander verbunden die Bromsalze dar.

Arsen, Kalium, Antimon und Zinn verbinden sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit tropfbar-flüssigem Brom unter Feuererscheinung, Wismuth, Eisen und Quecksilber in der Kälte ohne, in der Wärme mit dieser. Eisen giebt mit Bromwasserstoffsäure unter Entwicklung von Wasserstoffgas Bromeisen, mit Eisenoxyd Wasser und Bromeisen.

Die Benennung der Bromverbindungen ist ganz der der Chlorverbindungen analog, nämlich Bromüre, Bromureta, Bromide, Brometa, und Superbromide, Superbrometa.

§. 153. Die Brommetalle haben viel Aehnlichkeit mit den Chlormetallen; sie sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, bei geringer Hitze schmelzbar und in höherer Temperatur meist flüchtig; einige zerfallen dabei in ihre Elemente, und mehrere geben beim Glühen an der Luft Metalloxyd und Brombampf. Sie werden durch Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure und Chlorwasserstoffsäure, vorzüglich aber durch Chlor unter Freiwerden von Bromwasserstoffsäure oder Brom zersetzt, und lösen sich meist in Wasser, zum Theil auch in Weingeist und Aether. Die wässerigen Lösungen geben mit Bleisalzen einen weißen, nur schwierig in Wasser löslichen, mit Quecksilberoxydulsalzen einen gelblich-weißen und mit Silberoxydsalzen einen gleichgefärbten, nicht in verdünnter Salpetersäure und nur in concentrirtem Ammoniak löslichen Niederschlag. Einige Brommetalle verbinden sich mit den Oxyden desselben Metalles zu Oxybromiden (Oxybrometa), andere in bestimmten Verhältnissen mit Ammoniak, und die Lösungen vieler Brommetalle können noch mehr Brom aufnehmen, damit die sog. hydrobromigsauren Salze (vergl. §. 158) bildend.

Ueber die chemische Natur der in Wasser gelösten Brommetalle vergl. unter Bromwasserstoffsäure §. 162 und über Darstellung der trocknen §. 152.

Brom und Sauerstoff.

§. 154. Brom und Sauerstoff wirken nur mittelbar auf einander; man kennt bis jetzt nur eine Verbindung, die Bromsäure, $Br\,O_5$, mit Gewißheit.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß eine der unterchlorigen Säure analoge unterbromige Säure, $Br\,O$, existirt; wenn Brom auf überschüssiges wässeriges, reines oder kohlensaures Alkali wirkt, so entsteht hierbei wenig oder gar kein bromsaures Salz; die Bromkalium enthaltende Flüssigkeit riecht nicht nach Brom, sondern den Bleichsalzen des Chlors ähnlich, entfärbt Lakmus und Indig, entwickelt aus Ammoniak Stickstoffgas, entwickelt mit den Säuren Brom und verliert ihre bleichende Eigenschaft durchs Erhitzen oder bei Zusatz von überschüssigem Brom. Bei der Einwirkung von Bromwasser auf Quecksilberoxyd erhält man eine Flüssigkeit, die unterbromige Säure enthält, und nach Gay-Lussac soll man diese in Gasgestalt auf dieselbe Weise erhalten, wie die unterchlorige Säure. — Viel ungewisser ist die Existenz der Ueberbromsäure, $Br\,O_7$, deren Darstellung Rammelsberg vergebens versuchte.

Bromsäure.

66,66	—	80,0 Brom	2 Vol.	Bromgas
33,34	—	40,0 Sauerstoff	5 „	Sauerstoffgas
100,00	—	120,0 Bromsäure:	? Vol.	Bromsäuregas ?

Symb. und Aequiv. $BrO_5 = 120{,}0$ Atom. $\mathbf{Br}\,O_5$ $(Br_2\,O_5)$.

§. 155. Die Bromsäure bildet sich bei der Einwirkung von unterchloriger Säure oder des Goldoxydes auf wässeriges Brom, und bei der Zersetzung des wässerigen Chlorbroms durch Alkalien.

Wird erhalten durch Zersetzung des in Wasser gelösten bromsauren Baryts mit Schwefelsäure oder des in kochendem Wasser gelösten bromsauren Kalis mit überschüssiger Kieselfluorwasserstoffsäure und vorsichtiges Verdunsten des Filtrates.

§. 156. Die Bromsäure ist nur im wasserhaltigen Zustand bekannt und stellt concentrirt eine farblose, ölartige Flüssigkeit dar, ist fast geruchlos und von sehr saurem, doch nicht ätzendem Geschmack, röthet stark Lakmus und entfärbt es nach längerer Zeit. Sie zerfällt bei 100° in Brombampf

und Sauerstoffgas, wird nicht durch Salpetersäure oder Schwefelsäure zersetzt, giebt mit schwefeliger Säure Brom und Schwefelsäure, mit Schwefelwasserstoff, Jodwasserstoff, Bromwasserstoff und Chromwasserstoff oder deren Salzen (Schwefel-, Jod-, Brom- oder Chlormetallen) entweder Wasser, Brom und Schwefel oder Wasser und Bromiod oder Wasser und Brom oder Wasser und Chlorbrom, und zersetzt sich rasch und unter Bildung von Essigsäure durch Weingeist.

Die wässerige Bromsäure giebt mit einer concentrirten Bleisalzlösung einen weißen, in vielem Wasser löslichen Niederschlag und mit verdünnten Lösungen der Silberoxyd- und Quecksilberoxydulsalze weiße, nicht in verdünnter Salpetersäure, aber leicht in Ammoniak lösliche Niederschläge.

§. 157. Die Bromsäure bildet mit den basischen Oxyden die bromsauren Salze, Bromates; diese sind großentheils in Wasser löslich, entlassen in der Glühhitze (wie die chlorsauren Salze) entweder reines Sauerstoffgas mit Hinterlassung von Brommetall oder Bromdampf und Sauerstoffgas mit Hinterlassung von Oxyd, verpuffen mit Kohle, Schwefel und anderen brennbaren Körpern vermengt durch Stoß oder Erhitzung (zum Theil auch durch Berührung mit Schwefelsäure), entwickeln in Berührung mit vielen Säuren Bromdampf und Sauerstoffgas und werden selbst durch verdünnte Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Oxalsäure und Essigsäure schon bei gelinder Erhitzung unter Entwicklung von Sauerstoffgas und Freiwerden von Brom zersetzt. Die wässerigen Lösungen wirken auf Blei-, Silber- und Quecksilberoxydulsalze fällend und werden durch schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff, Bromwasserstoff und Chlorwasserstoff zersetzt (vergl. §. 156).

Man erhält die bromsauren Salze unmittelbar durch Sättigen der wässerigen Säure mit der Basis, oder durch Zusatz von Brom zu wässerigen Alkalien, bis die Farbe nicht mehr verschwindet, oder durch Lösen von Chlorbrom in wässerigem Alkali oder (das Goldsalz) durch Einwirkung von Brom auf Goldoxyd.

Brom und Wasserstoff.

§. 158. Brom und Wasserstoff vereinigen sich nur schwierig zu einer der Chlorwasserstoffsäure entsprechenden Verbindung, welche unter dem Namen **Bromwasserstoff**, Br H, bekannt ist.

Da sowohl die wässerige Bromwasserstoffsäure, als auch die Lösung verschiedener Brommetalle (vergl. §. 153) noch eben so viel Brom aufnehmen kann, als sie bereits enthält, so nimmt man die Existenz einer hydrobromigen Säure, $Br_2 H$, an; diese ist nur in Verbindung mit Wasser oder wenigen Salzbasen bekannt und giebt dunkelrothe Flüssigkeiten, welche durch Erhitzung und auch schon an der Luft das überschüssige Brom wieder entlassen; sie löst Gold auf.

Bromwasserstoff, Hydrobromsäure.

98,78	—	80,0 Brom	1 Vol.	Bromgas
1,22	—	1,0 Wasserstoff	1 „	Wassergoffgas
100,00	—	81,0 Bromwasserstoff:	2 Vol.	Bromwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. Br H = 81,0. Atom. **Br H** ($Br_2 H_2$).

§. 159. Der Bromwasserstoff bildet sich bei Einwirkung einer glühenden Eisenstange auf ein Gemische von Bromdampf und Wasserstoffgas, bei der Einwirkung des Broms auf Wasser am Sonnenlicht oder unter Mitwirkung von Phosphor, phosphoriger Säure, schwefeliger Säure, arseniger Säure

und anderen zu dem Sauerstoff des Wassers Affinität zeigenden Körpern und bei der Einwirkung des Broms auf die übrigen Wasserstoffverbindungen.

Man erhält die wasserfreie Bromwasserstoffsäure bei der Erwärmung von Brom (Bromkalium) und Phosphor mit wenig Wasser, oder bei der Erhitzung des Bromkaliums mit concentrirter Schwefelsäure, die wasserhaltige Säure aber entweder durch Einleiten des Gases in Wasser, oder durch Zusatz von kleinen Quantitäten Brom zu in Wasser vertheiltem Phosphor, oder durch Zersetzung des Bromantimons mit Wasser, oder durch Einleiten von Schwefelwasserstaffgas in bromhaltiges Wasser, oder durch Erhitzung des Bromkaliums mit wässeriger Schwefelsäure, auch durch Zersetzung des Brombarytes mit Schwefelsäure.

§. 160. Der Bromwasserstoff bildet ein farbloses, coërcibles Gas von 2,73 spec. Gewicht, riecht sehr stechend, hustenerregend, schmeckt sehr sauer, erregt auf der Haut Jucken und Entzündung, röthet stark Lakmus, verbreitet an der Luft sehr dicke Nebel und löst sich unter starker Wärmeentwicklung in Wasser.

Der wässerige Bromwasserstoff ist farblos und raucht im concentrirtesten Zustand an der Luft; durch Verdunsten in der Wärme erhält man eine Lösung von 1,486 spec. Gewicht mit 46,83% Säuregehalt (= Br H, 10 Aq); durch Verdunsten im luftleeren Raum über Aetzkali eine Lösung mit 49,46% Säuregehalt (= Br H, 9 Aq.); die sehr concentrirte Lösung kocht unter 100° und wird unter Verlust von Bromwasserstoff schwächer, eine sehr verdünnte Lösung wird durch Kochen concentrirter, indem zuerst Wasser verdunstet.

§. 161. Der Bromwasserstoff zersetzt sich nicht für sich oder mit Sauerstoffgas gemengt beim Leiten durch eine glühende Röhre oder durch Einbringen eines flammenden Körpers in das Gemenge, giebt mit Chlorgas unter Abscheidung von Brom oder Chlorbrom Chlorwasserstoff, wird durch Kalium bei gewöhnlicher und von Zinn (nicht durch Quecksilber) bei wenig erhöhter Temperatur unter Abscheidung von Wasserstoffgas, durch Bleioxyd und Silberoxyd in der Kälte, durch die meisten übrigen Metalloxyde in der Wärme unter Bildung von Brommetall und Wasser zersetzt.

Die wässerige Bromwasserstoffsäure zersetzt sich nur wenig mit Schwefelsäure in Brom, Wasser und schwefelige Säure, mit Salpetersäure, besonders beim Erwärmen, in Untersalpetersäure, Wasser und Brom, durch Bromsäure in Wasser und Brom, giebt mit Chlorgas Brom, mit den Metallen oder deren Oxyden unter Entwicklung von Wasserstoffgas oder Bildung von Wasser Brommetalle und entwickelt in Berührung mit den Superoxyden oder mehreren Metallsäuren unter Bildung von Bromiden Brom.

§. 162. Der Bromwasserstoff bildet in Berührungen mit Metalloxyden Wasser und **Brommetalle** (vergl. §§. 152 und 153), welche, wenn sie in Wasser gelöst sind oder Krystallwasser enthalten, nach der älteren Ansicht ganz den Chloriden (vergl. §. 145) analog als **bromwasserstoffsaure Salze**, Hydrobromates, betrachtet werden können; diese zerfallen größtentheils beim Verdampfen zur Trockne und Erhitzen, viele auch schon beim Krystallisiren, in Brommetalle und Wasser, die Lösungen der Erden in Bromwasserstoffsäure aber beim Verdunsten in Bromwasserstoff, Wasser und zurückbleibende Erde.

Die Lösungen der Brommetalle geben bei Einwirkung von Chlor oder unterchlorigsauren Salzen Brom.

Brom und Stickstoff.

§. 163. Brom und Stickstoff wirken für sich nicht auf einander; wird aber zu

unter einer dünnen Schicht Wasser befindlichem Chlorstickstoff tropfenweise eine Lösung von Bromkalium gesetzt, so bildet sich Chlorkalium und Bromstickstoff, Br_3N; letzterer stellt ein schwarzrothes, schweres, sehr flüchtiges Oel dar, dessen Dunst widrig riecht und stark die Augen reizt; er verpufft heftig mit Phosphor und Arsen, bedeckt sich unter Wasser mit einer Blase von Stickstoffgas, welche aufplatzt und sich erneuert, bis er völlig verschwunden ist, und wird durch wässeriges Ammoniak unter dicken, weißen Nebeln zersetzt.

Die Existenz eines oder mehrerer Bromkohlenstoffe ist zur Zeit noch problematisch; die farblose, sehr flüchtige, in Wasser untersinkende, durchdringend ätherisch riechende und sehr süß aromatisch-kühlend schmeckende Flüssigkeit, welche man bei der Zersetzung des sogenannten Jodkohlenstoffs mit Brom erhält, ist eine Kohlenwasserstoffverbindung.

Brom und Chlor.

§. 164. Wird Chlorgas durch Brom geleitet und der sich entwickelnde Dampf durch eine Kältemischung verdichtet, so erhält man eine Verbindung beider Stoffe, das Chlorbrom, welches eine rothgelbe, sehr dünne und äußerst flüchtige Flüssigkeit darstellt, und dunkelgelbe, sehr stark riechende, zum Thränen reizende und heiß unangenehm schmeckende Dämpfe entwickelt, in denen Metalle zu Bromiden und Chloriden verbrennen. Wird hingegen durch mit Wasser bedecktes Brom Chlorgas oder der Dampf des Chlorbroms bei niedriger Temperatur durch eine mit Wasser befeuchtete Glasröhre geleitet oder ein Gemenge von Chlorbrom und Wasser dem Gefrierpunkt ausgesetzt, so bildet sich Chlorbromhydrat, welches in hellgelben Spießen oder Blättern krystallisirt, wie das Chlorbrom riecht und schmeckt, über + 7° zu einer hellgelben Flüssigkeit schmilzt und durch Ammoniak rasch in Stickstoffgas, Chlorstickstoff und Bromammonium zersetzt wird.

Die gelbliche Flüssigkeit, welche bei der Einwirkung von überschüssigem Chlor auf Bromwasser oder Lösungen von Brommetallen gebildet wird, gefriert bei — 20° zu einer gleichförmigen Masse und zerfällt im Sonnenlicht in wässerige Salzsäure und Bromsäure, durch fixe Alkalen in Chlormetalle und bromsaures Salz. — Brom wird in reichlicher Menge von Salzsäure zu einer Flüssigkeit gelöst, welche Farbe, Geruch und Geschmack der hydrobromigen Säure (vergl. §. 158) besitzt und ebenfalls Gold auflöst.

C. Vom Jod.

Symb. und Aequiv. I = 126,845. Atomengew. 782,785 oder 63,412. Doppelatom = Ɨ (I_2) 1565,570 oder 126,835. Spec. Gewicht des dampfförmigen = 8,7011, des festen = 4,947. Spec. Wärme 0,05412.

(Vergl. Bd. 3, S. 21—24.)

§. 165. Das Jod verhält sich gegen die übrigen einfachen Stoffe dem Chlor und Brom (vergl. §§. 126 und 152) analog, nur daß es eine schwächere Affinität als diese beiden Stoffe hat. Die Verbindungen mit den Metallen heißen im Allgemeinen Jodmetalle oder Jodide und verhalten sich gegenseitig different, so daß sie entweder saurer oder basischer Natur (Jodsäuren und Jodbasen) sind und unter einander verbunden die Jodsalze darstellen.

Kalium und Natrium verbinden sich bei gewöhnlicher Temperatur mit Jod unter Wärmeentwicklung (zuweilen mit Feuererscheinung). Eisen giebt mit Jodwasserstoff unter Entwicklung von Wasserstoffgas Jodeisen,

Eisenoxyd aber Wasser und Jodeisen. Joddämpfe über verschiedene glühende Metalloxyde geleitet, giebt unter Entwicklung von Sauerstoffgas Jodmetalle. Die Benennung der Jodverbindungen ist ganz der der Chlorverbindungen analog, nämlich Jodüre, Jodureta, Jodide, Jodeta, und Superiodide, Superiodeta.

§. 166. Die Jodmetalle sind ohne metallisches Ansehen, zum Theil aber sehr schön gefärbt, bleiben beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen (mit Ausnahme der Jodide von Gold, Platin und Palladium, welche dabei in ihre Elemente zerfallen) unverändert, werden aber (mit Ausnahme der Jodide von Alkalimetallen, Wismuth und Blei) beim Glühen an der Luft unter Entwicklung von Joddämpfen in Oxyde verwandelt. Durch Chlor, Brom, Salpetersäure, Schwefelsäure und saures schwefelsaures Kali geben die Jodmetalle Jod aus und durch Chlorwasserstoffgas werden sie unter Bildung von Jodwasserstoff in Chlormetalle verwandelt. Die meisten Jodmetalle sind in Wasser vollständig löslich, einige aber, wie Zinniodid, zerfallen durch Wasser in niederfallendes Oxyd und Jodwasserstoff, andere, wie Antimon, in eine niederfallende Verbindung von Jodid und Oxyd und eine Auflösung des Jodides in Jodwasserstoff. Einige Jodmetalle sind auch in Weingeist, Aether und ätherischen Oelen löslich. Die wässerigen Lösungen der Jodmetalle geben mit Wismuthoxydsalzen einen braunen, mit Bleioxydsalzen einen pomeranzengelben, in kochender Essigsäure löslichen, mit Kupferoxydul- und Oxydsalzen, besonders bei Zusatz von schwefeliger Säure, einen schmutzigweißen, mit Quecksilberoxydulsalzen einen grüngelben, mit Quecksilberoxydsalzen einen scharlachrothen, mit Silberoxydsalzen einen gelbweißen (weder in Salpetersäure noch in Ammoniak löslichen und sich dadurch hinreichend von den durch Chlor- oder Brommetalle erzeugten Niederschlag unterscheidenden), mit Goldoxydsalzen einen citronengelben, mit Platinoxydsalzen unter vorhergehender dunkelbraunrother Färbung einen braunen und mit den verdünntesten Lösungen der Palladiumoxydulsalze einen schwarzen Niederschlag, der immer ein Jodmetall und zuweilen in einem Ueberschuß des löslichen Chlormetalles löslich ist. Einige Jodmetalle verbinden sich mit den Oxyden desselben Metalles zu Oxyiodiden (Oxyiodeta), andere in bestimmten Verhältnissen mit Ammoniak; die Lösungen verschiedener Jodmetalle nehmen, mit Jod in Berührung gebracht, noch eben so viel von diesem auf, als sie bereits enthalten, und verwandeln sich in sogenannte hydriodigsaure Salze.

Ueber eine andere Ansicht von der Zusammensetzung der in Wasser gelösten Jodmetalle vergl. unter Jodwasserstoff §. 180 und über Darstellung derselben §. 165.

Jod und Sauerstoff.

§. 167. Jod und Sauerstoff verbinden sich nicht unmittelbar; man kennt bis jetzt zwei Verbindungsverhältnisse, die Jodsäure, IO_5, und Ueberiodsäure, IO_7, mit Bestimmtheit.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch noch zwei andere Verbindungsverhältnisse des Jodes und Sauerstoffes, welche der unterchlorigen und der chlorigen Säure entsprechen, existiren; unteriodige Säure, IO, scheint gebildet zu werden, wenn basisches überiodsaures Natron ($2NaO, IO_7$) gelinde geglüht wird (wobei sich nur 6 Aequiv. Sauerstoff einwickeln und der Rückstand unteriodige Säure an Natron gebunden enthalten kann) oder bei Behandlung des glühenden Barytes oder Kalkes mit Joddämpfen; iodige Säure, IO_3, scheint sich zu bilden, wenn Aetznatronlauge mit Jod bis zur braunen Färbung gesättigt und

die Flüssigkeit bei 0° der freiwilligen Verdunstung überlassen wird, wobei ein Salz in sechsseitigen Säulen krystallisirt, welches seiner Zusammensetzung (NaO_4I) nach als iodigsaures Natron betrachtet werden kann; auch der Rückstand beim schwachen Glühen des überiodsauren Natrons läßt sich als eine Verbindung von Jodnatrium mit iodigsaurem Natron betrachten.

Jodsäure, Oxyiodinsäure.

76,0	—	126,845 Jod	2 Vol. Jodgas		
24,0	—	40,000 Sauerstoff	5 „ Sauerstoffgas		
100,0	—	166,845 Jodsäure:	? Vol. Jodsäuregas?		

Symb. und Aequiv. IO_5 = 166,845. Atom. $\text{I}O_5$ (I_2O_5).

§. 168. Die von Gay-Lussac entdeckte Jodsäure bildet sich bei der Behandlung des Jodes mit unterchloriger Säure oder deren Salze (neben Chlorid), mit Salpetersäure (neben Untersalpetersäure), mit Chlor und Wasser (neben Salzsäure), mit ätzenden Alkalien (neben Jodalkalimetall), mit Quecksilberoxyd oder Silberoxyd und Wasser (neben Quecksilberiodid oder Silberiodid) und mit Goldoxyd und Wasser (neben sich abscheidendem Gold).

Man erhält die Jodsäure durch Leiten von Chloroxyd oder unterchloriger Säure über Jod und Verdunsten des gleichzeitig gebildeten Chloriodes in gelinder Wärme, oder durch längeres Kochen von Jod mit der concentrirtesten Salpetersäure, oder durch Behandlung des mit Wasser befeuchteten Chloriodes mit Weingeist oder Aether und Verdunsten der Flüssigkeit, oder durch Behandlung des in Wasser vertheilten Jodes mit überschüssigem Chlorgas, Entfernung der gebildeten Salzsäure durch Silberoxyd und Verdunsten, oder durch Zersetzung des iodsauren Natrons mit überschüssiger Kieselfluorwasserstoffsäure oder des iodsauren Barytes mit Schwefelsäure und Verdunsten der filtrirten Flüssigkeiten.

§. 169. Die Jodsäure krystallisirt wasserfrei in weißen durchscheinenden sechsseitigen Tafeln, ist schwerer als Schwefelsäure, riecht sehr schwach, jedoch eigenthümlich und dem Jod ähnlich, schmeckt sehr herb und sauer, zerfließt an der Luft und löst sich sehr leicht in reinem, weniger in salpetersaurem oder schwefelsaurem Wasser; die wässerige Lösung röthet Lakmus, worauf es dasselbe bleicht, wird durch's Licht nicht verändert, läßt bei vorsichtiger Verdampfung wasserfreie Säure zurück und wird durch Weingeist fast vollständig gefällt.

Die wässerige Lösung der Jodsäure ist das empfindlichste Reagens auf Morphin und dessen Salze, indem sie dadurch schnell rothbraun gefärbt wird und den Geruch von Jod entwickelt.

§. 170. Die Jodsäure zerfällt bei stärkerer Hitze oder durch den elektrischen Strom in seine Bestandtheile, giebt beim Erhitzen mit Kohle, Schwefel, fein geriebene leicht verbrennliche Metalle, Harze und Zucker den Sauerstoff unter Verpuffung ab und verwandelt, unter Abscheidung von Jod, Essigsäure in Ameisensäure und Oxalsäure in Kohlensäure.

Die wässerige Jodsäure giebt, mit Phosphor erwärmt, Jod, Phosphoroxyd und Phosphorsäure, mit phosphoriger Säure Jod und Phosphorsäure, mit schwefeliger Säure Jod oder Jodwasserstoff und Schwefelsäure, mit Schwefelwasserstoff Jod oder Jodwasserstoff, Wasser und Schwefel, mit Jodwasserstoff Jod und Wasser, mit concentrirter Salzsäure Chlorid, Wasser und Chlor, mit Untersalpetersäure Jod und Salpetersäure, und tritt selbst an mehrere Metalle und verschiedene organische Substanzen Sauerstoff ab, während Jod abgeschieden und dadurch die Bläuung von vorhandenem Stärkmehl bedingt wird.

§. 171. Die Jodsäure bildet mit den basischen Oxyden die iodsauren Salze, Iodates, welche meist krystallisirbar und in Wasser oder Weingeist schwierig oder gar nicht löslich sind und zwei Reihen von Salzen mit 1 und 2 Aequiv. Basis bilden. Sie geben in der Hitze entweder reines Sauerstoffgas oder dieses und Joddampf mit Hinterlassung von Jodid oder Oxyd, werden zum Theil erst dabei in überiodsaure Salze verwandelt, verpuffen beim Erhitzen oder Schlag durch brennbare Körper, aber minder schwach, als die chlorsauren Salze (vergl. §. 139), und unter Entwicklung von Joddämpfen, und werden durch Chlor-, Brom- und Jodwasserstoff, schwefelige Säure und Schwefelwasserstoff, arsenige Säure und Zinnchlorür unter Abscheidung von Jod, durch erhitzte Schwefelsäure unter Abscheidung von Jodsäure zersetzt. Die Lösung der Alkalisalze geben mit concentrirteren Lösungen der Kalk- und Strontiansalze und mit verdünnteren der Baryt-, Blei- und Silberoxydsalze weiße körnig-krystallinische Niederschläge.

Man erhält die iodsauren Salze entweder durch Sättigung der Säure mit der Basis oder durch Lösen von Metallen, welche sich auf Kosten des Wassers oder der Säure oxydiren oder durch Zusammenbringen des Jodes mit einem wässerigen Alkali und Entfernung des gleichzeitig gebildeten Jodalkalimetalles durch Weingeist.

Ueberiodsäure.

69,38 — 126,845	Jod	2 Vol.	Jodgas
30,62 — 56,000	Sauerstoff	7 „	Sauerstoffgas
100,00 — 182,845	Ueberiodsäure:	? Vol.	Ueberiodsäuregas.

Symb. und Aequiv. IO_7 = 182,845. Atom. IO_7 (I_2O_7).

§. 172. Diese von Magnus und Ammermüller entdeckte Säure bildet sich bei der Einwirkung von Chlor auf ein mäßig erwärmtes Gemische von iodsaurem Natron mit Natronlauge, wobei basisch überiodsaures Natron entsteht, welches sich als ein pulveriger Niederschlag besonders beim Erkalten absondert.

Der Niederschlag in verdünnter Salpetersäure gelöst, die Lösung mit Bleizucker gefällt, das gebildete überiodsaure Bleioxyd durch Schwefelsäure (mit Vermeidung eines Ueberschusses derselben) zersetzt, die Flüssigkeit durch Asbest filtrirt und zur Krystallisation verdunstet, giebt die Ueberiodsäure; oder es wird das in Salpetersäure gelöste basische Natronsalz mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, der Niederschlag in heißer verdünnter Salpetersäure gelöst, zur Krystallisation verdunstet und die Krystalle von überiodsaurem Silberoxyd mit kaltem Wasser behandelt, welches die Hälfte der Säure auszieht und beim Verdunsten krystallinisch giebt.

§. 173. Die durch gelindes Verdunsten erhaltene Säure ist ein Hydrat und bildet durchsichtige Blätter, welche bei 130° ohne Wasserverlust schmelzen und beim Erkalten krystallinisch erstarren, bei 160° ihr Wasser verlieren und nach dem Erkalten eine weiße Masse bilden; sie zerfließt an feuchter Luft und löst sich leicht in Wasser, Weingeist und Aether.

Die wässerige, weingeistige oder ätherische Lösung der Ueberiodsäure erleidet selbst in der Siedhitze keine Zersetzung.

§. 174. Die Ueberiodsäure zerfällt bei 180—190° in Sauerstoffgas und Jodsäure, welche bei höherer Temperatur in ihre Bestandtheile zersetzt wird, und giebt mit Salzsäure Chlor, Wasser und Jodsäure; die wässerige Lösung giebt in der Siedhitze mit Phosphor Phosphoroxyd und Phosphorsäure, mit Zink Zinkoxyd und Jod, mit Eisen Eisenoxydoxydul und Jod, mit Kupfer iodsaures Kupferoxyd, und mit Quecksilber Oxydul und Jod, und

verwandelt Essigsäure in Ameisensäure, langsamer aber Oxalsäure und Weinsteinsäure unter Abscheidung von Jod in Kohlensäure und Wasser.

§. 175. Die Ueberiodsäure bildet mit den basischen Oxyden die überiodsauren Salze, Superiodates, welche 1 oder 2 Aequiv. Basis enthalten und meist schwierig oder gar nicht in Wasser löslich sind; sie geben in der Hitze Jodmetall, die basischen ein Gemenge von diesem und Metalloxyd oder Metall, und Sauerstoffgas, und lösen sich alle ziemlich leicht in verdünnter Salpetersäure; die wässerige Lösung des neutralen Natronsalzes giebt mit Kalk-, Baryt-, Blei- und Silbersalzlösungen Niederschläge von basischen Salzen, während die Flüssigkeit sauer wird; das hellgelbe Silbersalz färbt sich beim Erwärmen mit Wasser schwarzroth.

Man erhält die überiodsauren Salze durch Sättigen der Säure mit der Basis oder durch doppelte Affinität.

Jod und Wasserstoff.

§. 176. Jod und Wasserstoff haben zwar eine große Affinität zu einander, vereinigen sich aber nur schwierig oder mittelbar, den Jodwasserstoff, IH, darstellend.

Wässeriger Jodwasserstoff, sowie auch die Lösungen verschiedener Jodmetalle (vergl. §. 166), nehmen bei der Berührung mit Jod noch so viel von diesem auf, als sie bereits enthalten; es entsteht die sog. hydriodige Säure (I_2H), welche sich auch beim Aussetzen des wässerigen Jodwasserstoffes an die Luft oder bei der Einwirkung des Jodes auf Papier oder andere organische Verbindungen, welche den Wasserstoff fest gebunden enthalten, bildet und im wässerigen Zustand eine dunkelbraune, nach Jod riechende und schwach sauer schmeckende Flüssigkeit darstellt, die beim längeren Aussetzen an die Luft unter Bildung von Wasser krystallinisches Jod abscheidet.

Jodwasserstoff, Hydriodsäure.

99,29	126,845 Jod	1 Vol.	Jodgas
0,71	1,000 Wasserstoff	1 „	Wasserstoffgas
100,00	127,845 Jodwasserstoff:	2 Vol.	Jodwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. IH = 127,845. Atom. **IH** ($I_2 H_2$).

§. 177. Der Jodwasserstoff bildet sich beim Leiten von Joddämpfen und Wasserstoffgas durch glühende Röhren oder über Platinschwamm bei gewöhnlicher Temperatur, bei der Einwirkung des Jodes auf Wasser unter Gegenwart solcher Substanzen, die den Sauerstoff begierig anziehen, wie Phosphor, unterphosphorige Säure, schwefelige Säure, unterschwefeligsaure Salze, arsenige Säure, Zinnoxydulsalze und einige Metalle, überhaupt in allen den Fällen, wo Chlorwasserstoff oder Bromwasserstoff (vergl. §§. 144 und 159) bei Einwirkung des Chlors oder Broms entsteht.

Man erhält den wasserfreien Jodwasserstoff bei der Erwärmung von 1 Th. Phosphor mit 9 Th. Jod und sehr wenig Wasser oder von 1 Th. Phosphor, 14 Th. Jodkalium und 20 Th. Jod mit wenig Wasser gasförmig, bei der Berührung von Wasserstoffschwefel mit Jod und wenig Wasser in einer gebogenen zugeschmolzenen Röhre tropfbarflüssig, den wasserhaltigen Jodwasserstoff durch Destillation von Jod und Phosphor mit mehr Wasser, oder durch Einleiten von Schwefelwasserstoff durch in Wasser vertheiltes Jod, oder durch Zersetzung des Jodbaryums mit Schwefelsäure, oder durch Schütteln des Jodes mit granulirtem Blei und Wasser, bis die Flüssigkeit farblos geworden ist, und Entfernung des Bleis durch Schwefelwasserstoff.

§. 178. Der Jodwasserstoff ist bei gewöhnlichem Druck ein farbloses Gas von 4,375 spec. Gewicht, läßt sich durch Druck zu einer gelblichen Flüssigkeit verdichten, riecht sehr sauer, dem Chlorwasserstoff ähnlich, wirkt beim Einathmen sehr erstickend, bildet an der Luft starke weiße Nebel, reagirt sehr sauer, unterhält nicht das Verbrennen, ist selbst nicht brennbar und wird in großer Menge und rasch vom Wasser absorbirt.

Der wässerige Jodwasserstoff wird durch Verdunsten der verdünnteren Lösungen in der Wärme als ein bei 126° siedendes Hydrat von 1,70 spec. Gewicht und 56,26% Säuregehalt (= IH, 11 Aq.) erhalten, ist farblos, ohne Zersetzung flüchtig und vom Geruch und Geschmack des Gases und zieht an der Luft unter Bildung von hydriodiger Säure und später stattfindender Abscheidung von Jod (vergl. §. 176) Sauerstoff an.

§. 179. Der Jodwasserstoff zerfällt, mit Sauerstoffgas gemengt, beim Leiten durch glühende Porzellanröhren in Wasser und Jod, entläßt unter Abscheidung von Jod den Wasserstoff an Wasserstoffsuperoxyd unter Bildung von Wasser, an schwefelige Säure unter Bildung von Wasser und Abscheidung von Schwefel (im wasserhaltigen Zustand wirken Jodwasserstoff und schwefelige Säure nicht auf einander), an concentrirte Schwefelsäure unter Bildung von Wasser und schwefeliger Säure, an Jodsäure unter Bildung von Wasser, an unterchlorige Säure unter Bildung von Wasser, an Salpetersäure unter Bildung von Wasser und Stickstoffoxyd und an Eisenoxydsalze unter Bildung von Oxydulsalzen, wird durch Chlor oder Brom unter Bildung ihrer Wasserstoffverbindungen und Abscheidung von Jod zersetzt, giebt mit mehreren Metallen oder den meisten Metalloxyden unter Abscheidung von Wasserstoffgas oder Bildung von Wasser Jodmetalle und entwickelt beim Erwärmen mit Superoxyden Jod unter Bildung von Wasser und Jodmetall.

Der wässerige Jodwasserstoff wird in denselben Fällen zersetzt; Zusatz von Chlor, Schwefelsäure, Salpetersäure oder chlorsaurem Kali und Salzsäure verursachen die Blaufärbung des damit vermischten Stärkmehls.

§. 180. Der Jodwasserstoff giebt in Berührung mit Metalloxyden Wasser und Jodmetalle (vergl. §. 166), welche, wenn sie in Wasser gelöst sind oder Krystallwasser enthalten, den Chloriden und Bromiden (vergl. §§. 145 und 162) analog, als jodwasserstoffsaure Salze, Hydriodates, betrachten lassen und sich sonst wie die bromwasserstoffsauren Salze verhalten.

Die Lösungen der Jodmetalle scheiden bei der Einwirkung von Brom, Chlor, unterchloriger Säure, Schwefelsäure und Salpetersäure Jod ab und färben dann beigemischtes Stärkmehl oder dessen wässerige Abkochung blau.

Jod und Stickstoff.

§. 181. Jod und Stickstoff wirken unmittelbar nicht auf einander; wird aber Jod mit Ammoniakwasser digerirt, oder eine Lösung des Jodes in Königswasser mit Ammoniak gefällt, oder eine gesättigte Lösung von Jod in Weingeist mit Ammoniak vermischt, so erhält man Jodstickstoff, I_3N, der ein zartes, schwarzbraunes Pulver darstellt, welches beim geringsten Stoß oder Erhitzen, bei Berührung mit Schwefelsäure, oft selbst schon beim Trocknen unter starker Explosion in seine Bestandtheile zerfällt, unter Wasser allmählig unter Bildung von jodsaurem Ammoniak und Jodammonium und Entwicklung von Stickstoffgas gelöst wird, mit Schwefelwasserstoff unter Abscheidung von Schwefel Jodammonium giebt, in verdünnter Salzsäure löslich ist und daraus unverändert durch Kali gefällt wird.

Wird trocknes Jod mit trocknem Ammoniakgas zusammengebracht, so absorbirt es eine große Menge desselben und verwandelt sich in eine schwarzbraune, metallglänzende, sehr zähe, nach Jod und Ammoniak riechende Flüssigkeit, welche Jod-Ammoniak, I, H_3N oder $I_2, H_3 N$, ist, in Berührung mit Wasser Jodammonium und Jodstickstoff giebt, sich leicht in Weingeist löst und in Berührung mit Chlorwasserstoffgas unter Entwicklung von Stickstoffgas und Abscheidung von Jod Chlorammonium und Jodammonium giebt.

Verbindungen des Jodes mit Kohlenstoff sind zur Zeit noch unbekannt; diejenigen, welche man früher als solche betrachtete, enthalten zugleich Wasserstoff und sind Verbindungen zusammengesetzter Radikale.

Jod und Chlor.

§. 182. Jod verbindet sich unmittelbar mit Chlor unter Erwärmung und bildet bei vorwaltendem Chlor eine feste, bei vorwaltendem Jod eine flüssige Verbindung. Das Einfach-Chloriod, ICl, erhält man beim Ueberleiten des Chlors über Jod, bis dieses völlig flüssig geworden ist, oder bei der Destillation von 1 Th. Jod mit 4 Th. chlorsaurem Kali als eine rothbraune, ölige, stechend nach Chlor und Jod riechende, die Augen heftig reizende, schwach sauer, stark zusammenziehend und beißend schmeckende, auf der Haut dunkelgelbe Flecken und Schmerz erregende Flüssigkeit, welche Indiglösung und Lakmus entfärbt, Stärkmehl nicht bläut, in Weingeist und Wasser löslich ist, der wässerigen Lösung (die man auch durch Einleiten von wenig Chlorgas in iodhaltendes Wasser erhält) durch Aether entzogen wird und beim Verdunsten desselben unverändert zurückbleibt; das Chloriod giebt bei der Erwärmung verdunstendes Dreifach-Chloriod und Jod, wird durch schwefelige Säure oder Schwefelwasserstoff unter Abscheidung von Jod zersetzt und giebt mit wässerigen firen Alkalien Chlormetall und iodsaures Alkali unter Abscheidung von Jod und mit wässerigem Ammoniak Chlorammonium und Jodstickstoff, die wässerige Lösung bei wiederholter Destillation Dreifach-Chlorid und Jod, mit braunem Bleisuperoxyd, Kupferoxyd oder Quecksilberoxyd Chlormetall und Jodmetall unter Abscheidung von etwas Jod und reichlicher Entwicklung von Sauerstoffgas, mit Quecksilberchloridlösung Jodquecksilber und Dreifach-Chloriod und mit wenig Zinnchlorür nur Jod, mit mehr aber Zinniodür. — Das Dreifach-Chloriod, ICl_3, wird beim lang andauernden Leiten des Chlors über Jod bei gelinder Erwärmung und offener Sublimation als eine pomeranzengelbe Masse erhalten, ist schmelzbar, krystallisirt beim Erkalten in langen Nadeln, verhält sich gegen die Sinne, die Haut, Indiglösung und Stärkmehl wie das Einfach-Chloriod, giebt mit Wasser eine hellgelbe Lösung (welche auch erhalten wird, wenn durch Wasser, welches ¼ Jod enthält, Chlorgas bis zur Sättigung geleitet und der Ueberschuß desselben mittels durchströmender Luft entfernt wird), und fällt aus dieser Lösung beim vorsichtigen Zusatz von concentrirter Schwefelsäure anfangs als eine weiße, käsige, später wieder pomeranzengelb werdende Masse nieder; die wässerige Lösung giebt mit feuerbeständigen Alkalien Chlormetall und iodsaures Alkali unter Abscheidung von Jod, mit einer Lösung von iodsaurem Kali und dann mit Weingeist vermischt saures iodsaures Kali, mit Silberblättchen Chlorsilber und Jodsilber, mit wenig Silberoxyd Chlorsilber und Jodsäure, mit mehr Silberoxyd auch iodsaures Silberoxyd, und mit wenig Zinnchlorür einen Niederschlag von Jod, der sich in einen Ueberschuß vollständig und ohne Abscheidung von Zinniodür löst.

Diese beiden Verbindungen bilden sich in der wässerigen Lösung immer

dann, wenn Lösungen von Jodmetallen mit einem mehr oder minder großen Ueberschuß von Chlorgas behandelt werden.

Jod und Brom.

§. 183. Jod und Brom verbinden sich ebenfalls unmittelbar in zwei Verhältnissen. Bromiod entsteht, wenn Jod mit wenig Brom zusammengebracht wird, ist fest und verflüchtigt sich in rothbraunen Dämpfen, die sich zu farrenkrautähnlichen, rothbraunen Krystallen verdichten. Fünffach-Bromiod bildet sich, wenn Jod mit überschüssigem Brom in Berührung kommt, stellt eine dunkelbraune, widrig riechende und schrumpfend schmeckende Flüssigkeit dar, ist sehr in Wasser mit Abscheidung des überschüssigen Jodes oder Broms löslich, entfärbt in der wässerigen Lösung Lakmuspapier, ohne es zuvor zu röthen, wird am Sonnenlicht unter Bildung von Bromwasserstoff und Jodsäure zersetzt und giebt mit den Alkalien Brommetalle und iodsaure Alkalien. Wird es mit wenig Wasser vermischt dem Gefrierpunkt ausgesetzt, so krystallisirt Fünffach-Bromiodhydrat in braungelben, oft baumförmig vereinigten Spießen, welche bei 4° wieder in Wasser und Bromiod zerfallen.

VIII. Vom Fluor.

Symb. und Aequiv. F = 18,834. Atomengew. 117,718 oder 9,417. Doppelatom = Ḟ (F_2) 235,435 oder 18,834. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 184. Das im isolirten Zustand noch unbekannte Fluor kommt nur in geringer Menge vor; im Mineralreich findet es sich vorzüglich im Flußspath, im Fluorcerium, Topas, Kryolith, Warwickit, Yttrocerit und in geringerer Menge im Fluorapatit, Wagnerit, Amblygonit, Wawellit, Leukophan, Lepidolith, Karpolith, Chondrodit, Pyrochlor, in der Hornblende, in manchem Glimmer und Apophyllit, im Feldspath und in den ihm verwandten Arten, im Thierreich als Fluorcalcium in den Zähnen und Knochen und im menschlichen Harn.

Das Fluor wurde zuerst von Hr. Davy als das acide dem Chlor analoge Element der Flußspathsäure betrachtet, aber weder ihm noch anderen Chemikern gelang die Isolirung desselben, da es immer auf die Gefäße einwirkte. Neuerdings wollen es aber die beiden Knox aus der wasserfreien Flußspathsäure in Flußspathgefäßen durch einen starken elektrischen Strom abgeschieden haben und beschreiben es als ein farbloses, langsam das Lakmus bleichendes, Gold und Platin nicht angreifendes Gas.

§. 185. Das Fluor verbindet sich mit mehreren nicht metallischen Stoffen (Sauerstoff, Chlor, Brom, Jod, Stickstoff und Kohlenstoff ausgenommen) und allen Metallen und äußert zu denselben eine größere Affinität als der Sauerstoff, das Chlor u. s. w., so daß es die Verbindnngen derselben meist zersetzt und sich mit einem Bestandtheil derselben verbindet.

Fluorwasserstoff in Glasgefäßen bereitet, greift diese an und zerfrißt sie endlich, indem er Kieselerde aus der Glasmasse anzieht, damit Fluorsilicium und Wasser bildend.

§. 186. Die Verbindungen des Fluors mit den Metallen sind gewöhnlich den Sauerstoff-, Chlor- u. s. w. Verbindungen desselben Metalles analog und heißen im Allgemeinen Fluormetalle oder Fluoride; sie haben wie die Oxyde, Chloride u. s. w. einen sauren oder basischen Charakter (Fluorsäuren und Fluorbasen) und bilden mit einander verbunden die Fluorsalze.

Die Benennung der verschiedenen Verbindungsstufen des Fluors ist ganz der der Chlorverbindungen analog, nämlich Fluorüre, Fluorureta, für die den Chlorüren entsprechenden, und Fluoride, Fluoreta, für die den Chloriden entsprechenden Verbindungen.

§. 187. Die Fluormetalle sind fest, ohne Glanz und leicht schmelzbar, werden aber nicht durch Glühen für sich oder mit Kohle zersetzt und nur einige, wie z. B. das Fluorcalcium, beim Glühen an der Luft in einer wasserdampfhaltigen Flamme unter Bildung von Fluorwasserstoff in Metalloxyde verwandelt. Nur die Verbindungen des Fluors mit den Alkalimetallen, mit Quecksilber und Silber werden durch Chlor, alle durch wasserhaltende Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure unter Bildung von Fluorwasserstoff und einem schwefelsauren oder salpetersauren Salze oder einem Chlorid, keine durch wasserfreie Schwefelsäure oder glasige Phosphorsäure (durch letztere jedoch bei Gegenwart von Kieselerde) zersetzt. Nur wenige Fluormetalle sind in Wasser, manche in Fluorwasserstoffsäure und die meisten, aber schwierig, in Salzsäure oder Salpetersäure löslich. Die in Wasser löslichen Fluormetalle geben mit den Lösungen von Kalksalzen einen Niederschlag in der Form einer kaum bemerklichen, durchsichtigen und das Licht fast in gleichem Grade, wie die überstehende Flüssigkeit brechenden Niederschlag, und werden durch Bleisalze, aber nicht durch Silbersalze gefällt. Die Fluormetalle verbinden sich mit Fluorwasserstoff.

Ueber eine andere Ansicht von der Zusammensetzung der in Wasser gelösten oder dieses enthaltenden Fluormetalle vergl. unter Fluorwasserstoffsäure (§. 191). Man erhält die Fluormetalle bei der Einwirkung von Fluorwasserstoffsäure auf verschiedene Metalle oder Metalloxyde oder beim Erhitzen elektronegativer Metalle mit Fluorblei oder Fluorquecksilber und die flüchtigen beim Erhitzen des Metalloxydes mit Flußspath und Schwefelsäure.

Fluor und Wasserstoff.

Fluorwasserstoff, Hydrofluorsäure, Flußspathsäure.

94,96	— 18,834	Fluor	1	Vol. Fluorgas?
5,04	— 1,000	Wasserstoff	1	„ Wasserstoffgas
100,00	— 19,834	Fluorwasserstoff:	?	Vol. Fluorwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. FH = 19,834. Atom. **FH** ($F_2 H_2$).

§. 188. Der Fluorwasserstoff bildet sich beim Zusammentreffen von Fluor und Wasserstoff im Moment ihres Freiwerdens, also wenn Fluormetalle mit wasserhaltender Schwefelsäure in Berührung kommen, wobei sich der Sauerstoff des Wassers mit dem Metall und das oxydirte Metall mit der Säure, der abgeschiedene Wasserstoff aber mit dem Fluor verbindet.

Wasserfrei erhält man den Fluorwasserstoff, welcher schon im siebenzehnten Jahrhundert bekannt war, aber erst von Scheele als der eigenthümliche saure Bestandtheil des Flußspathes erkannt wurde, beim Erhitzen von kieselerdefreiem gepulvertem Flußspath mit der doppelten Menge concentrirter Schwefelsäure in einer Retorte von Platin oder zinnfreiem Blei mit gleicher durch Eis abgekühlter Vorlage, wasserhaltig durch Vorschlagen von wenig Wasser in die abzukühlende Vorlage. Um den wässerigen Fluorwasserstoff von der Kieselerde, die fast immer im Flußspath vorkommt, zu befreien, setzt man so lange eine Lösung von Fluorkalium hinzu, als noch ein Niederschlag entsteht und rectificirt die helle Flüssigkeit in einer Retorte von Platin. Aufbewahrung in Gefäßen von Gold, Platin oder Blei mit einem Stöpsel von Leder, der mit Wachs durchtränkt ist.

§. 189. Der Fluorwasserstoff ist eine wasserhelle Flüssigkeit von 1,0609 spec. Gewicht und schwacher Lichtbrechungskraft, bleibt bei 20° flüssig, siedet schon über 15°, riecht sehr stechend und wirkt sehr nachtheilig auf die Respirationsorgane und den übrigen thierischen Organismus, indem sein Dampf Schmerz unter den Nägeln verursacht und kleine Tropfen auf der Haut weiße, heftig schmerzende Flecken (die sich in eine Eiterblase erheben) und oft Wundfieber hervorbringen. Er röthet stark Lakmus, raucht stark an der Luft und löst sich unter großer Wärmeentwicklung in Wasser auf.

Der wässerige Fluorwasserstoff bildet eine dünne wasserhelle Flüssigkeit, welche im concentrirten Zustand von 1,25 spec. Gewicht ist, 35,37% Fluorwasserstoff (= FH, 4 Aq.) enthält, bei 126° siedet und an der Luft raucht.

§. 190. Der Fluorwasserstoff zerfällt durch den galvanischen Strom in Wasserstoff und giebt am positiven Platindraht Fluorplatin, bildet mit Kalium (unter feuriger Explosion) Natrium, Tantal, Zink, Eisen und Mangan unter Abscheidung von Wasserstoffgas Fluormetalle, mit ungeglühtem Silicium Fluorsilicium, mit Kalk und den meisten Metalloxyden Fluormetalle und Wasser, mit Kieselerde (Glasmasse) unter Aufkochen flüchtiges Fluorsilicium und etwas wässerige Kieselfluorwasserstoffsäure, zerfrißt deßhalb Glas, und wird nicht durch Chlor, Salzsäure und Schwefelsäure zersetzt.

Der wässerige Fluorwasserstoff bedingt ähnliche Erscheinungen; man benutzt ihn und die Dämpfe zum Aetzen in Glas.

§. 191. Der Fluorwasserstoff bildet mit den meisten Metalloxyden Wasser und Fluormetalle (vergl. §. 187), welche, wenn sie in Wasser löslich sind, wie die Chloride u. s. w. als fluorwasserstoffsaure Salze, Hydrofluorates, betrachtet werden können; sie geben beim Verdunsten meist Fluormetall und Wasser.

Auch die Lösungen der Fluormetalle greifen das Glas an, worin sie aufbewahrt oder verdunstet werden.

IX—XI. Vom Schwefel, Selen und Tellur.

§. 192. Die drei Elemente bilden die zweite deutlich ausgesprochene natürliche Gruppe, indem nicht nur Mischungsgewicht und spec. Gewicht in einem gewissen Verhältnisse unter einander stehen (vergl. §. 66), sondern sie auch mit den meisten übrigen Elementen unter einander analoge Verbindungen eingehen und die Verbindungen mit Metallen in ihrer Zusammensetzung mit den Oxyden übereinstimmen. Ihre Verbindungen sind theils saurer, theils basischer Natur und bilden mit einander vereinigt die Schwefelsalze, Selensalze und Tellursalze. Schwefel, Selen und Tellur kommen ebenfalls häufig mit einander und zwar meist in den sog. Kiesen vor, weßhalb sie auch Kieszeuger oder Kiesbildner genannt worden sind.

Analoge Verbindungen dieser drei Elemente sind:

Schwefel,		Selen und		Tellur.
		mit Sauerstoff*)		
S_2O_2	—	SeO	—	TeO?
SO_2	—	SeO_2	—	TeO_2
SO_3	—	SeO_3	—	TeO_3

*) Der Schwefel geht mit dem Sauerstoff noch drei andere Verbindungen ein, für die bis jetzt keine Analoga beim Selen und Tellur gefunden worden.

Schwefel		Selen und		Tellur.
		mit Wasserstoff:		
S H	—	SeH	—	TeH
		mit Metallen:		
K S	—	KSe	—	KTe.

A. Vom Schwefel.

Symb. und Aequiv. S = 16,0. Atomengew. 200,0 oder 16,0. Spec. Gew. und Wärme vergl. §. 193.
(Vergl. Bd. 3, S. 24—31.)

§. 193. Man kennt drei allotropische Zustände des Schwefels, nämlich αS, wie er aus Lösungen krystallisirt erhalten wird und durchscheinende spitze Rhomboëder von 2,0454 spec. Gewicht und 0,20259 spec. Wärme bildet; βS, durch Schmelzen oder Sublimation erhalten, krystallisirt in schiefen rhombischen Säulen von 1,982 spec. Gewicht und 0,20685 spec. Wärme, ist anfangs durchsichtig, wird jedoch bei der geringsten Erschütterung oder Berührung undurchsichtig, wobei er in αS übergeht; γS ist der bis 250—260° erhitzte und durch Gießen in Wasser schnell abgekühlte Schwefel, welcher tagelang eine braune, zähe, weiche Masse von 1,957 spec. Gewicht und von noch größerer spec. Wärme als βS darstellt.

Die durch Präcipitation höherer Schwefelungsstufen der Alkalimetalle mit Säuren erhaltene Schwefelmilch enthält immer Schwefelwasserstoff, von dem sie nur frei erhalten wird, wenn man unterschwefeligsaure Salze durch stärkere Säuren zersetzt.

§. 194. Der Schwefel verbindet sich mit allen übrigen einfachen Stoffen, theils unmittelbar, theils mittelbar, mit einigen unter Feuerentwicklung, mit Phosphor bei wenig erhöhter Temperatur sogar unter starker Explosion. Er zeigt sich hierbei doppelter Natur, indem er sowohl ein brennbarer, als auch ein die Verbrennung unterhaltender Körper ist und sowohl eine große Verwandtschaft zum Sauerstoff, wie auch zum Wasserstoff hat.

Wird Schwefel an der Luft bis ungefähr 150° erhitzt, so entzündet er sich und verbrennt mit blauer Flamme zu schwefeliger Säure; werden hingegen verschiedene Metalle, wie Eisen oder Kupfer in Schwefeldampf erhitzt, so entzünden sich diese und gehen in Schwefelmetalle über.

§. 195. Die Verbindungen des Schwefels mit den Metallen entsprechen fast durchgehends den Oxyden desselben Metalls und heißen im Allgemeinen Schwefelmetalle oder Sulphide; diese verhalten sich gegenseitig different, indem sie theils saurer, theils basischer Natur (Schwefelsäuren oder Sulphosäuren und Schwefelbasen oder Sulphobasen) sind und unter einander verbunden die sog. Schwefelsalze darstellen.

Die verschiedenen Verbindungsstufen eines Metalles mit Schwefel heißen Sulphüre, Sulphureta, wenn sie der niedrigsten Oxydationsstufe entsprechen, Sulphide, Sulphida, wenn sie wie die Oxyde zusammengesetzt sind, und Supersulphide, Supersulphida, wenn sie den Superoxyden oder Metallsäuren entsprechen; z. B.

Eisenoxydul	$= FeO$	—	Eisensulphür	$= FeS$,
Eisenoxyd	$= Fe_2O_3$	—	Eisensulphid	$= Fe_2S_3$,
Eisensäure	$= FeO_3$	—	Eisensupersulphid	$= FeS_3$,
		und		
Antimonoxyd	$= SO_3$	—	Antimonsulphid	$= SbS_3$,
Antimonsäure	$= SbO_5$	—	Antimonsupersulphid	$= SbS_5$.

Natron (NaO) ist eine Sauerstoffbasis, Antimonsäure eine Sauerstoffsäure, Schwefelnatrium (NaS) eine Sulphobase, Antimonsupersulphid eine Sulphosäure; Natron und Antimonsäure verbinden sich zu einem Sauerstoffsalz, Schwefelnatrium und Antimonsupersulphid zu einem Schwefelsalz: beide Salze haben eine analoge Zusammensetzung, nämlich

das Sauerstoffsalz $= NaO, SbO_5$,

das Schwefelsalz $= NaS, SbS_5$.

§. 196. Die Schwefelmetalle sind fest und spröde, meist krystallisirbar, verschiedenartig gefärbt und entweder schwieriger oder leichter schmelzbar als die reinen Metalle, aber meist weniger leicht verdampfbar. In der Hitze entlassen sie entweder den Schwefel gänzlich (Schwefelgold), oder gar nicht (Schwefelzink), oder nur theilweise (die verschiedenen Supersulphide); trockenes Sauerstoffgas wirkt bei gewöhnlicher Temperatur nicht auf die Schwefelmetalle, während bei Gegenwart von Feuchtigkeit mehrere (Schwefeleisen, Schwefelkupfer) in schwefelsaure Salze verwandelt werden; beim Erhitzen an der Luft geben sie entweder (Schwefelsilber) schwefelige Säure und Metall, oder (Schwefelantimon) schwefelige Säure und Metalloxyd, oder (Schwefelalkalimetalle) schwefelsaures Salz. Durch Salpetersäure, Königswasser, unterchlorige Säure und deren Salze werden die Schwefelmetalle, zum Theil unter Abscheidung von Schwefel in Schwefelsäure und Metalloxyd, durch Chlor mitunter schon bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorschwefel und Chlormetall, durch wässerige Säuren in Schwefelwasserstoff und Amphid- oder Haloidsalz, durch Alkalien auf trocknem und nassem Weg viele in Schwefelalkalimetalle und schwefelsaures Metalloxyd, und durch Wasserstoffgas einige (die Schwefelmetalle des Silbers, Kupfers, Wismuthes, Zinns und Antimons) in Metall und Schwefelwasserstoff verwandelt; Kohle entzieht einigen Schwefelmetallen in der Glühhitze den Schwefel theilweise, anderen gänzlich, damit Schwefelkohlenstoff bildend. Die Sulphide der meisten schweren Metalle bleiben in Wasser unverändert, viele werden aber in der Glühhitze beim Ueberleiten von Wasserdampf in Schwefelwasserstoff und Metalloxyd, dieses aber oft noch durch einen andern Theil des Schwefelmetalles in Metall und schwefelige Säure zersetzt; die Sulphide der Erdmetalle geben mit Wasser Schwefelwasserstoff und Metalloxyd, die der Erdalkalimetalle Metalloxyd und Schwefelwasserstoff-Schwefelmetall und die der Alkalimetalle Lösungen, welche das Schwefelmetall entweder als solches, oder als schwefelwasserstoffsaures Alkali oder vielleicht auch als Schwefelwasserstoff-Schwefelmetall und Alkali enthalten, und die Eigenschaft mit den Lösungen der Schwefelerdalkalimetalle theilen, beim Kochen mit überschüssigem Schwefel noch bis 4 Aequiv. von diesem aufzunehmen. Einige Schwefelmetalle (Schwefelantimon) bilden mit den Oxyden desselben Metalles Verbindungen, Oxysulphide (Oxysulphida), welche vielleicht aber nur innige Gemische sind. (Ueber die Verbindung der Schwefelmetalle mit Schwefelwasserstoff und unter sich vergl. daselbst §. 223.)

Die Sulphide der Alkali- und Erdalkalimetalle werden wegen ihrer gelben oder braunen, der Leber ähnlichen Farbe Schwefellebern, die der schweren Metalle, wenn sie durchsichtig, aber nicht metallglänzend sind, Blenden, und wenn sie undurchsichtig und metallglänzend sind, Kiese oder Glanze genannt. (Ueber die verschiedene Farbe der Schwefelmetalle und hierdurch bedingte Erkennung vergl. unter Schwefelwasserstoff §. 223.)

§. 197. Die wasserfreien Schwefelmetalle entstehen entweder durch unmittelbare Vereinigung von Schwefel und Metall bei gewöhnlicher, meist

aber bei erhöhter Temperatur, oder mittelbar durch Erhitzen verschiedener Metalle in Schwefelwasserstoffgas, durch Glühen verschiedener Metalloxyde mit Schwefel, beim Leiten von Schwefelkohlenstoff über glühende Oxyde, durch Einwirkung von Wasserstoffgas oder Kohle auf unterschwefeligsaure, schwefeligsaure und schwefelsaure Metallsalze, durch Zersetzung eines Metalloxydes mit Schwefelwasserstoff entweder beim Leiten über das glühende Oxyd oder beim Einströmen in das in Wasser gelöste oder vertheilte, oder in Säuren gelöste Oxyd, und endlich durch doppelte Affinität, indem ein Metallsalz durch ein in Wasser gelöstes Schwefelalkalimetall zersetzt wird.

Fein zertheiltes Kupfer verbindet sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit Schwefel; Mangan, Zinn, Blei und Nickel verbrennen im Schwefeldampf ohne weitere Erhitzung, Eisen beim Glühen. Eisenoxyd giebt beim gelinden Glühen mit Schwefelwasserstoff Wasser und Schwefeleisen, reines Alkali beim gelinden Glühen mit Schwefel unterschwefeligsaures Alkali und Schwefelalkalimetall, kohlensaures und reines Alkali bei starkem Glühen mit Schwefel (neben Kohlensäure) schwefelsaures Alkali und Schwefelalkalimetall, ein durch Schwefel zersetzbares Metalloxyd beim Glühen damit schwefelige Säure und Schwefelmetall oder dieses mit unzersetztem Oxyd verbunden, Titansäure (TiO_2) mit Schwefelkohlenstoff erhitzt Kohlensäure und Schwefeltitan, unterschwefeligsaures, schwefeligsaures oder schwefelsaures Alkali mit Wasserstoffgas oder Kohle erhitzt Schwefelalkalimetall und Wasser oder Kohlensäure; Schwefelwasserstoff verwandelt erhitztes Kupfer oder Kupferoxyd auch (kalt, wenn es in Säuren gelöst ist) in Schwefelkupfer unter Abscheidung von Wasserstoffgas oder Bildung von Wasser, und Schwefelkalium giebt mit einem Bleisalz Schwefelblei und ein Kalisalz.

Schwefel und Sauerstoff.

§. 198. Schwefel und Sauerstoff wirken bei gewöhnlicher Temperatur nicht auf einander, obgleich sie eine große Affinität besitzen und verschiedene Verbindungsverhältnisse, die sämmtlich saurer Natur sind, bilden; jedoch nur eine dieser Säuren, die schwefelige Säure, SO_2, kann unmittelbar aus erhitztem Schwefel und Sauerstoff gebildet werden, während die unterschwefelige Säure, S_2O_2, die Schwefelsäure SO_3, die Unterschwefelsäure, S_2O_5, die einfach-geschwefelte Unterschwefelsäure, S_3O_5, die zweifach-geschwefelte Unterschwefelsäure, S_4O_5, und die dreifach-geschwefelte Unterschwefelsäure, S_5O_5, durch Desoxydation oder Oxydation aus der schwefeligen Säure entstehen.

Die braunen, grünen und blauen Flüssigkeiten, welche sich bei der Einwirkung wasserfreier Schwefelsäure auf trockenes Schwefelpulver bilden und sowohl für sich als auch durch Wasser in schwefelige Säure und Schwefel zersetzt werden, sind vielleicht als niedere Oxydationsstufen des Schwefels zu betrachten (vergl. §. 218).

Unterschwefelige Säure, Dithionige Säure.

66,67	— 16,0 Schwefel	1 Vol.	Schwefelgas
33,33	— 8,0 Sauerstoff	3 „	Sauerstoffgas
100,00	— 32,0 unterschwefelige Säure:	? Vol.	unterschwefeligs. Gas.

Symb. und Aequiv. S_2O_2 = 64,0. Atom. S_2O_2

§. 199. Diese von Vauquelin beobachtete und später von Gay-Lussac ihrer Eigenthümlichkeit nach erkannte Säure bildet sich (nur in Verbindung mit Salzbasen) beim Lösen einiger Metalle (Zink) in wässeriger schwefeliger Säure,

beim Kochen der Lösungen schwefeligsaurer Alkalien mit Schwefel, beim Vermischen gelöster schwefeligsaurer Alkalien mit wenig Schwefelwasserstoff oder Schwefelalkalimetall oder der Lösung eines Schwefelalkalimetalles mit schwefeliger Säure, bei längerer Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffgases auf die Lösungen der höheren Schwefelalkalimetalle, beim gelinden Schmelzen oder beim Kochen von ätzenden Alkalien mit Schwefel und beim Kochen der mit Schwefelwasserstoff gesättigten Lösungen verschiedener Alkalisalze an der Luft.

Die unterschwefelige Säure ist für sich nur wenig bekannt; nach Persoz, welcher sie durch Zersetzung des Bleisalzes mit Schwefelwasserstoffgas isolirt haben will, ist sie eine farblose, syrupdicke Flüssigkeit ohne Geruch und von saurem Geschmack, und zerfällt bei 80°, sowie durch andere Mineralsäuren in Schwefel und schwefelige Säure.

§. 200. Die unterschwefelige Säure bildet mit den basischen Oxyden die unterschwefeligsauren Salze, Subsulphites, in denen sich der Sauerstoff der Säure zu dem der Basis wie 2 : 1 verhält (also die oben aufgestellte Formel die rationelle ist); auch scheinen sie zu ihrer Existenz 1 Aequiv. Wasser zu bedürfen und sind meist in Wasser löslich. Die Alkalisalze zerfallen beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen in Wasser, Schwefel, Schwefelwasserstoff und ein Gemenge von Schwefelmetall und schwefelsaurem Alkali, und entwickeln in Berührung mit schmelzendem Salpeter rothe Dämpfe; die wässerige Lösung hält sich an der Luft unverändert, geht aber bei Ueberschuß von Alkali in schwefeligsaures, zuletzt in schwefelsaures Salz über, entwickelt beim Kochen mit Schwefel unter Bildung von schwefelsaurem Alkali Schwefelwasserstoff, giebt bei hinreichender Behandlung mit Salpetersäure saures schwefelsaures Kali und wird durch alle Säuren zersetzt, indem schwefelige Säure gebildet und Schwefel abgeschieden wird. Die wässerige Lösung der Alkalisalze lös't frisch gefälltes Chlorsilber und giebt mit Barytsalzen einen in vielem Wasser löslichen, mit salzsaurem Zinnchlorür einen braunen, mit Bleisalzen einen weißen, noch unter 100° schwarz werdenden, mit Kupferchlorid einen weißen aus Chlorür bestehenden, mit Kupferoxydsalzen einen schwachen, in der Siedhitze reichlichen schwarzen, mit salpetersaurem Quecksilberoxydul einen schwarzen, mit geringen Mengen von Quecksilberchlorid- oder Quecksilberoxydsalzen einen weißen, bald gelb, braun und schwarz werdenden, mit größeren Mengen einen weiß bleibenden, und mit salpetersaurem Silberoxyd einen weißen, dann gelb, braun und schwarz werdenden Niederschlag, welcher wie der mit Kupfersalzen und salpetersaurem Quecksilberoxydul Schwefelmetall ist.

Ueber Darstellung der unterschwefeligsauren Salze vergl. §. 199.

Geschwefelte Unterschwefelsäure, Trithionsäure.

54,55	—	48,0 Schwefel	1 Vol.	Schwefelgas
45,45	—	40,0 Sauerstoff	5 „	Sauerstoffgas
100,00	—	88,0 Trithionsäure:	? Vol.	Trithionsäuregas.

Symb. und Aequiv. S_3O_5 = 88,0. Atom. S_3O_5.

§. 201. Die von Langlois entdeckte Trithionsäure bildet sich bei der Digestion schwefeligsaurer oder unterschwefelsaurer Salze mit Schwefel.

Eine Lösung von saurem schwefeligsaurem Kali einige Tage bei einer 100° nicht übersteigenden Temperatur oder eine Lösung von unterschwefelsaurem Kali einige Stunden bei 70° mit Schwefelblumen digerirt, giebt das Kalisalz, welches in der concentrirten wässerigen Lösung durch Weinsteinsäure oder Ueberchlorsäure zersetzt wird; durch Verdunsten des Filtrates im luftleeren Raum erhält man die Säure wasserfrei.

§. 202. Die Trithionsäure ist wasserhell, bei starker Concentration syrupartig, ohne Geruch, von saurem, etwas herbem und bitterem Geschmack und nicht sehr ätzend; sie zersetzt sich langsam in der Kälte, rasch bei 80° in schwefelige Säure, Schwefelsäure und Schwefel, und wird von Salpetersäure unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas, von Chlorsäure unter Entwicklung von Chlor und von Jodsäure unter Abscheidung von Jod in Schwefelsäure und Schwefel verwandelt, aber nicht durch Ueberchlorsäure, Salzsäure und kalte Schwefelsäure zersetzt.

Die wässerige Lösung der Trithionsäure ist haltbarer.

§. 203. Mit den basischen Oxyden bildet die Trithionsäure die trithionsauren Salze, Trithionates; es ist bloß das Kalisalz genauer untersucht, welches in der Glühhitze oder beim Kochen seiner Lösung in gleiche Aequivalente Schwefel, schwefelige Säure und schwefelsaures Kali zerfällt; die wässerige Lösung giebt bei der Behandlung mit Chlorgas Schwefelsäure, läßt auf Zusatz von Salpetersäure unter energischer Reaktion und bei Zusatz von Schwefelsäure unter Entwicklung von schwefeliger Säure Schwefel fallen, wird durch Salzsäure, Chlorsäure und Jodsäure nicht zersetzt, entfärbt schwefelsaures Manganoxyd, fällt bei gewöhnlicher Temperatur nicht die Lösungen der erdigen Alkalien, der Magnesia und Alaunerde, des Uranoxydes, Bleioxydes, Zinkoxydes, Kobaltoxyduls, Nickeloxydes und Kupferoxydes, und giebt mit Quecksilberoxydulsalzen einen schwarzen, aus Schwefelquecksilber bestehenden, mit Quecksilberoxydsalzen einen weißen, aus schwefelsaurem Quecksilberoxydul bestehenden und mit salpetersaurem Silberoxyd einen gelbweißen, bald schwarz werdenden und dann aus Schwefelsilber bestehenden Niederschlag.

Darstellung des Kalisalzes vergl. §. 201.

Zweifach-geschwefelte Unterschwefelsäure, Tetrathionsäure.

61,54	—	64,0 Schwefel	$1\frac{1}{3}$	Vol.	Schwefelgas
38,46	—	40,0 Sauerstoff	5	„	Sauerstoffgas
100,00	—	104,0 Tetrathionsäure:	?	Vol.	Tetrathionsäuregas?

Symb. und Aequiv. S_4O_5 = 104,0. Atom. S_4O_5.

§. 204. Diese von Fordos und Gelis entdeckte Säure bildet sich bei der Sättigung der in Wasser gelösten unterschwefeligsauren Salze mit Jod.

Mit Wasser angerührter unterschwefeligsaurer Baryt wird mit Jod vermischt, bis jener gelöst ist, das bald sich abscheidende Barytsalz von dem gleichzeitig gebildeten Jodbaryum durch Weingeist getrennt, durch Schwefelsäure zersetzt und das Filtrat im luftleeren Raum verdunstet.

§. 205. Die Tetrathionsäure ist farblos und durchsichtig, ohne Geruch und von scharf saurem Geschmack, zerfällt in der Hitze in Schwefel, schwefelige Säure und Schwefelsäure, läßt auf Zusatz von Salpetersäure Schwefel fallen, wird durch Schwefelsäure und Salzsäure nicht verändert, fällt nicht Eisen-, Zink- und Kupfersalze, und giebt mit Zinnchlorür oder Quecksilberchlorid einen weißen, mit salpetersaurem Quecksilberoxydul einen gelblichen, schwarz werdenden, und mit salpetersaurem Silberoxyd einen weißen, gelblich werdenden Niederschlag.

§. 206. Die Tetrathionsäure bildet mit den basischen Oxyden die tetrathionsauren Salze, Tetrathionates, die meist in Wasser löslich sind; das Barytsalz ist krystallisirbar, vollkommen luftbeständig und zerfällt in der Hitze in Schwefel, schwefelige Säure, Wasser und schwefelsauren Baryt und bei der Behandlung mit Chlorgas in Schwefelsäure und schwefelsauren Baryt.

Darstellung des Barytsalzes vergl. §. 204.

Dreifach-geschwefelte Unterschwefelsäure, Pentathionsäure.

66,67 —	80,0 Schwefel	1 2/3 Vol.	Schwefelgas
33,33 —	40,0 Sauerstoff	5 „	Sauerstoffgas
100,00 —	120,0 Pentathionsäure:	? Vol.	Pentathionsäuregas?

Symb. und Aequiv. $S_5 O_5$ = 120,0. Atom. $S_5 O_5$.

§. 207. Diese von Wackenroder entdeckte Säure bildet sich bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf schwefelige Säure.

Die mit Schwefelwasserstoff gesättigte wässerige Lösung der schwefeligen Säure wird filtrirt (was durch ein mit Kochsalzlösung getränktes Filter geschehen muß) und bei gelinder Wärme verdunstet.

§. 208. Die Pentathionsäure ist farblos, im concentrirten Zustand von 1,37 spec. Gewicht, setzt bei sehr niedriger Temperatur spießige Krystalle ab, ist ohne Geruch und von saurem, zugleich bitterem Geschmack, verändert sich nicht beim Aufbewahren, zerfällt bei der Siedhitze in Schwefelwasserstoffgas, schwefelige Säure, Wasser und Schwefelsäure, wird nicht durch Schwefelwasserstoff, verdünnte Salzsäure und Schwefelsäure, wohl aber unter Abscheidung von Schwefel durch concentrirte Schwefelsäure und (unter Bildung von Schwefelsäure) durch Salpetersäure und Chlor zersetzt, giebt beim Kochen mit Kupferfeile schwefelige Säure, Schwefelkupfer und Schwefelsäure, beim Kochen mit Eisen Schwefelwasserstoff, schwefelige Säure, Schwefeleisen, schwefelsaures und unterschwefeligsaures Eisenoxydul, fällt nicht Baryt-, Blei- und Kupfersalze, giebt mit Quecksilberchlorid einen weißen, mit Quecksilbercyanid einen gelben, nach längerer Zeit schwarz werdenden, mit salpetersaurem Quecksilberoxyd einen weißen, mit dem Oxydulsalz einen gelben, am Sonnenlicht langsam schwarz werdenden Niederschlag und mit Zinnchlorür einen weißen, gelblich werdenden Niederschlag und wird durch Eisenchlorid gelb gefärbt.

Wackenroder glaubt an die Möglichkeit, daß diese Säure auch eine Verbindung von Tetrathionsäure und Schwefelwasserstoff ($S_4 O_5$, HS) sein könne.

§. 209. Die Pentathionsäure bildet mit den basischen Oxyden die pentathionsauren Salze, Pentathionates, welche mit Ausnahme des Bleisalzes nicht in fester Form bestehen zu können scheinen; die Lösungen der Alkalisalze sind neutral, die des Barytsalzes scheidet beim Abdampfen ein gelblich-weißes Pulver ab und in der Flüssigkeit ist unterschwefeligsaurer Baryt gelöst; das Barytsalz giebt mit Bleisalzen einen weißen, in Bleizucker löslichen, mit Quecksilbercyanid nach dem Vermischen mit etwas Salpetersäure oder Oxalsäure einen mennigrothen bis gelben, und mit salpetersaurem Silberoxyd einen gelben Niederschlag.

Wird die Lösung des Barytsalzes erst erwärmt, so giebt sie mit salpetersaurem Silberoxyd einen schwarzen Niederschlag, was für die §. 208 angegebene Constitution der Säure spricht.

Schwefelige Säure. (Vergl. Bd. 3, S. 164—166.)

50,0 —	16,0 Schwefel	1 Vol.	Schwefelgas
50,0 —	16,0 Sauerstoff	6 „	Sauerstoffgas
100,0 —	32,0 schwefelige Säure:	6 Vol.	schwefeligsaures Gas.

Symb. und Aequiv. SO_2 = 32,0. Atom. SO_2.

§. 210. Die schwefelige Säure bildet sich (außer beim Verbrennen des Schwefels und Rösten der Schwefelmetalle) auch beim Erhitzen des Schwefels mit den Oxyden verschiedener Metalle, wie z. B. des Mangans, Zinks, Bleis,

Quecksilbers u. s. w., beim Zusammenbringen des Chlorschwefels mit Wasser, bei den Zersetzungen der unterschwefeligen Säure, Unterschwefelsäure, Trithionsäure, Tetrathionsäure und Pentathionsäure, beim Erhitzen der Schwefelsäure mit vielen Metallen, Kohle und organischen Stoffen und beim Glühen vieler schwefelsauren Salze.

Darstellung der tropfbar-flüssigen, gasförmigen und in Wasser gelösten Säure vergl. a. a. O.; feste Säure erhält man, wenn die tropfbarflüssige Säure unter der exantlirten Glocke der Luftpumpe rasch zur Vergasung gebracht oder mit einem Gemenge von starrer Kohlensäure und Aether umgeben wird (Eigenschaften vergl. a. a. O.).

§. 211. Die schwefelige Säure wird im flüssigen, wasserfreien Zustand nicht durch den elektrischen Strom, bei Zusatz von Wasser aber in Schwefel am positiven, und Wasserstoffgas am negativen Pol zersetzt; die gasförmige Säure giebt im feuchten Zustand durch glühende Röhren geleitet Schwefel und concentrirte Schwefelsäure, mit Wasserstoffgas durch eine glühende Röhre geleitet Wasser und Schwefel, für sich über glühende Kohlen geleitet Kohlensäure und Schwefel, mit Phosphorwasserstoffgas schon bei gewöhnlicher Temperatur Wasser und Schwefelphosphor, mit Schwefelwasserstoff Wasser und Schwefel, mit Jodwasserstoff Wasser, Jod und Schwefel und mit Chlorwasserstoffgas Wasser, Schwefel und Chlor, und verwandelt mehrere erhitzte Metalle in Metalloxyde und Schwefelmetalle; die wässerige Säure giebt mit phosphoriger Säure Phosphorsäure und Schwefelwasserstoff, welcher durch einen anderen Theil schwefeliger Säure in Wasser und Schwefel zersetzt wird, und wird durch mehrere Metalle (Zink, Zinn, Eisen) in unterschwefelige Säure, durch Kupfer bei abgehaltener Luft in Schwefelkupfer und schwefel-saures Kupferoxyd verwandelt.

Die mit Salzsäure oder Schwefelsäure vermischte schwefelige Säure entwickelt mit Zink Schwefelwasserstoff, welcher durch die schwefelige Säure in Schwefel und Wasser zerfällt, eine Erscheinung, die häufig beim Lösen des Zinks in käuflicher Schwefelsäure oder Salzsäure (wegen deren Verunreinigung mit schwefeliger Säure) eintritt.

§. 212. Die schwefelige Säure bildet mit den basischen Oxyden die schwefeligsauren Salze, Sulphites, welche als neutrale und als saure Salze existiren können. Sie sind ohne Geruch, die in Wasser löslichen von scharfem, lebhaftem Geschmack und als neutrale Salze von alkalischer, als saure Salze ohne Reaktion. Beim Glühen in verschlossenen Gefäßen zerfallen die Alkalisalze, das Bleisalz und einige andere in schwefelsaure Salze und Schwefelmetalle, andere in Oxyd und schwefelige Säure, die meisten beim Glühen mit Kohle, Wasserstoff, Alkalimetallen, Eisen, Zink, Zinn, Mangan oder Antimon in Schwefelmetalle; die in Wasser gelösten schwefeligsauren Salze werden durch Digestion mit Schwefel in unterschwefeligsaure oder trithionsaure Salze und alle im feuchten Zustand bei der Einwirkung von athmosphärischer Luft oder Stickstoffoxydgas, durch überschüssige Salpetersäure, Chlor, unterchlorige Säure, schmelzenden Salpeter und einige Metalloxyde in neutrale schwefelsaure Salze verwandelt; Kohlensäure und Borsäure wirken nicht zersetzend, während die meisten übrigen Säuren aus den schwefeligsauren Salzen die Säure unter Aufbrausen austreiben. Bloß die Alkalisalze sind in Wasser löslich, weßhalb diese in den Lösungen der erdig-alkalischen, erdigen und metallischen Salze Niederschläge hervorbringen, die aber in verdünnter Salzsäure und Salpetersäure löslich sind; die sauren Salze sind sämmtlich in Wasser löslich.

Man erhält die schwefelsauren Salze durch Einleiten der Säure in die

in Wasser aufgelösten oder vertheilten reinen oder kohlensauren Oxyde oder durch doppelte Affinität aus den Alkalisalzen.

Unterschwefelsäure.

44,44 — 32,0	Schwefel	$^2/_3$ Vol.	Schwefelgas
55,56 — 40,0	Sauerstoff	5 „	Sauerstoffgas
100,00 — 72,0	Unterschwefelsäure:	? Vol.	unterschwefelsaures Gas?

Symb. und Aequiv. $S_2 O_5$ = 72,0. Atom. $S_2 O_5$.

§. 213. Die von Welter und Gay-Lussac entdeckte Unterschwefelsäure bildet sich bei der Einwirkung von schwefeliger Säure auf Mangansuperoxyd. Fein gepulverter Braunstein wird in Wasser suspendirt und schwefelige Säure eingeleitet, bis diese entweicht, dann das Filtrat mit Schwefelbaryum gefällt, die vom Schwefelmangan und schwefelsaurem Baryt abfiltrirte Flüssigkeit vorsichtig durch Schwefelsäure zersetzt und das Filtrat im luftleeren Raum verdunstet.

§. 214. Die Unterschwefelsäure ist nur als Hydrat bekannt und bildet im concentrirten Zustand eine wasserhelle, geruchlose, sehr sauer schmeckende Flüssigkeit, zerfällt bei weiterer Verdunstung im luftleeren Raum oder beim Erhitzen in schwefelige Säure und Schwefelsäure, verwandelt sich an der Luft langsam in Schwefelsäure und löst unter Entwicklung von Wasserstoffgas, aber ohne eigene Zersetzung, Zink und Eisen.

Kalte Salpetersäure, Chlor, wässerige unterchlorige Säure und schwefelsaures Manganoxyd, Uebermangansäure, Bleisuperoxyd und die in Säuren gelösten Oxyde des Quecksilbers, Silbers, Golds und Platins, so wie auch Schwefelwasserstoff und Jodwasserstoff verändern die Unterschwefelsäure nicht.

§. 215. Die Unterschwefelsäure bildet mit den basischen Oxyden die unterschwefelsauren Salze, Subsulphates, in welchen sich der Sauerstoff der Säure zu dem der Basis wie 5 : 1 verhält. Sie entlassen in der Hitze, manche schon bei 100°, schwefelige Säure und verwandeln sich in neutrale schwefelsaure Salze. Sie sind sämmtlich in Wasser löslich und meist krystallisirbar; die wässerigen Lösungen werden nicht an der Luft, durch Salpetersäure, Chlor u. s. w. bei gewöhnlicher Temperatur verändert, aber bei 100° durch Salpetersäure und Chlor in saure schwefelsaure oder in neutrale Salze und Schwefelsäure verwandelt; sie geben im festen Zustand schon bei gewöhnlicher Temperatur, nach der Lösung in Wasser erst in der Siedhitze mit Schwefelsäure oder Salzsäure schwefelige Säure und entfärben dann Uebermangansäure und scheiden aus Schwefelwasserstoff Schwefel, aus Goldchlorid Gold ab.

Man erhält die unterschwefelsauren Salze unmittelbar aus der Säure und dem im Wasser gelösten oder vertheilten reinen oder kohlensauren Oxyd.

Schwefelsäure. (Vergl. Bd. 3, S. 166—175.)

40,0 — 16,0	Schwefel	1 Vol.	Schwefelgas
60,0 — 24,0	Sauerstoff	9 „	Sauerstoffgas
100,0 — 40,0	Schwefelsäure:	6 Vol.	Schwefelsäuregas.

Symb. und Aequiv. $S O_3$ = 40,0. Atom. $S O_3$.

§. 216. Bildung, Darstellung und physikalische Eigenschaften vergl. a. a. O.; ferner entsteht Schwefelsäure durch Erhitzung der Unterschwefelsäure oder Behandlung derselben und der übrigen sauren Oxydationsstufen des Schwefels oder der Salze dieser Säuren mit Salpetersäure, Chlor u. s. w. (Theorie der Schwefelsäurebildung vergl. §. 227.)

Wasserfreie Schwefelsäure erhält man auch durch Erhitzung von trocknem schwefelsaurem Antimonoxyd oder Wismuthoxyd und trockenem saurem schwefelsaurem Natron.

§. 217. Die wasserfreie Schwefelsäure zerfällt beim Leiten durch eine glühende Porzellanröhre in schwefelige Säure und Sauerstoffgas, entzündet nach einiger Zeit Phosphor unter Abscheidung von Schwefel, wird durch Phosphorwasserstoffgas unter Bildung von Phosphoroxyd in schwefelige Säure verwandelt und giebt beim Erhitzen mit Quecksilber schwefelige Säure und schwefelsaures Quecksilberoxyd.

Schwefelsäurehydrat (SO_3, Aq.) zerfällt durch den elektrischen Strom in Sauerstoffgas am positiven, und Wasserstoffgas am negativen Pol, beim Leiten durch glühende Porzellanröhren in schwefelige Säure und Sauerstoffgas, mit Wasserstoffgas gemengt in Wasser und schwefelige Säure oder Schwefelwasserstoff oder Schwefel, mit Kohle bei 100 bis 150° in kohlensaures Gas und schwefelige Säure, bei der Glühhitze in Kohlenoxyd, Kohlensäure, Wasserstoffgas und Schwefel, mit Phosphor erhitzt unter Entzündung desselben in Schwefel, mit Phosphoroxyd beim Erhitzen in schwefelige Säure und Phosphorsäure und mit Phosphorwasserstoffgas bei gewöhnlicher Temperatur langsam in Schwefel, schwefelige Säure und Phosphorsäure, giebt bei der langsamen, nicht bis zum Sieden gesteigerten Erhitzung erst eine verdünntere, zuletzt eine rauchende Säure, bei Einwirkung von Alkalimetallen in der Kälte Wasserstoffgas, mit Eisen und Zink (aber nicht mit Arsen, Tellur, Antimon, Wismuth, Zinn, Blei, Kupfer, Quecksilber, Silber und mehreren anderen Metallen) nur anfangs Wasserstoffgas, beim Erwärmen mit allen unter Bildung eines schwefelsauren Salzes schwefelige Säure und entläßt beim Erhitzen mit einer feuerbeständigen Basis sein Hydratwasser.

§. 218. Die wasserfreie Schwefelsäure verbindet sich mit Schwefel zu verschieden gefärbten Flüssigkeiten, über deren chemische Constitution noch keine Gewißheit erlangt ist, so wie auch mit schwefeliger Säure.

Die Verbindungen der wasserfreien Schwefelsäure mit Schwefel sind braun, grün und blau gefärbt; die braune Verbindung erhält man aus 8 Th. Schwefel und 40 Th. wasserfreier Schwefelsäure als eine klare braune, bei den stärksten Kältegraden nicht erstarrende Flüssigkeit, welche am Tageslicht Schwefel nadelförmig absetzt und in der verschlossenen Röhre erhitzt bei 37,5° kocht, dann sich in eine obere braungelbe und untere braune Schicht trennt, Schwefel abscheidet und in dem kälteren Schenkel schwefelige Säure verdichtet, welche sich beim Zurückgießen nicht wieder mit der übrigen Flüssigkeit vermischen läßt. Die grüne Verbindung bildet sich aus 6 Th. Schwefel und 40 Th. wasserfreier Säure und bildet eine tiefgrüne, selbst in der Kälte nicht erstarrende Flüssigkeit, die sich bei gewöhnlicher Temperatur am Tageslicht schnell braun färbt und Schwefel fallen läßt. Die blaue Verbindung erhält man aus 4 Th. Schwefel und 40 Th. Säure als eine indigblaue, durchsichtige, bei — 22,5° noch nicht erstarrende Flüssigkeit, welche am Tageslicht nach längerer Zeit, am Sonnenlicht rasch entfärbt wird und beim Erhitzen bis zu 56° unter vorhergehender Trennung in zwei Schichten tropfbar-flüssige schwefelige Säure nach dem kalt gehaltenen Schenkel abdestilliren läßt. — Die Verbindung der Schwefelsäure mit der schwefeligen Säure ($SO_2, 2SO_3$) erhäit man durch Berührung von wasserfreier, schwefeliger Säure mit fester Schwefelsäure bei 0° als eine dünne Flüssigkeit, welche an der Luft unter Bildung eines starken

Nebels und mit dem Geruch nach schwefeliger Säure fast vollständig rasch verdunstet, beim längeren Aufbewahren einen Theil der schwefeligen Säure verliert, mit Wasser unter Entwicklung schwefeliger Säure stark aufbraust und trocknes Ammoniak unter Bildung von wasserfreiem, schwefeligsaurem und schwefelsaurem Ammoniak (H_3N, SO_2 und SO_3) absorbirt.

§. 219. Die Schwefelsäure hat eine sehr große Verwandtschaft zu den basischen Oxyden und verbindet sich mit ihnen zu den schwefelsauren Salzen, Sulphates, welche 3 Reihen bilden, nämlich neutrale, saure und basische Salze; die Verbindung findet unter starker Wärmeentwicklung, die zum Theil, wie bei Baryt oder Magnesia, bis zur Feuererscheinung gesteigert wird; auch werden die meisten Säuren aus ihren Verbindungen mit den Basen durch die Schwefelsäure abgeschieden, und nur die Borsäure, Phosphorsäure und Kieselerde treiben in der Glühhitze die Schwefelsäure aus ihren Verbindungen theils als solche, theils als schwefelige Säure und Sauerstoff, und die Oxalsäure und Traubensäure aus dem Kalksalze, die Weinsteinsäure und Traubensäure aus dem Kalisalze auf nassem Wege aus. Die sauren Salze sind sämmtlich in Wasser löslich, zerfallen aber oft bei ihrer Lösung in neutrale oder basische und sehr saure Verbindungen; die neutralen Salze sind nur zum Theil, die basischen aber gar nicht oder nur sehr schwierig in Wasser löslich. Die Salze der feuerbeständigen Alkalien, so wie auch schwefelsaure Magnesia und Bleioxyd, werden in der Glühhitze nicht zersetzt, die der Erden und schweren Metalloxyde geben aber dabei Schwefelsäurehydrat oder wasserfreie Schwefelsäure oder schwefelige Säure und Sauerstoffgas, manche auch nur schwefelige Säure, indem sich die Basis höher oxydirt, während andere schwefelsaure Metallsalze zugleich auch den Sauerstoff der Basis entlassen. Durch Glühen mit Kohle werden alle schwefelsauren Salze zersetzt, indem entweder, wie bei dem Magnesia- und Zinkoxydsalz, schwefelige Säure und Kohlensäure entweichen und reine Oxyde zurück bleiben, oder, wie bei dem Wismuthoxyd-, Quecksilberoxyd- und Silberoxydsalz unter Entwicklung von schwefeliger Säure und Kohlensäure, die reinen Metalle hinterbleiben, oder, wie beim Manganoxydulsalz ein Oxysulphuret hinterbleibt, oder, wie bei den Alkalisalzen und in sehr hoher Temperatur bei den Zinkoxyd- und Kupfer-, so wie auch beim Bleioxydsalz, unter Entwicklung von reiner Kohlensäure Schwefelmetalle hinterbleiben. (Die Alkalisalze geben nur bei starker Hitze reines Schwefelmetall, in der Rothglühhitze aber ein Gemenge von Oxyd und Doppelsulphid, weßhalb sie sich dann mit gelber Farbe im Wasser lösen.) Beim Glühen mit Wasserstoffgas geben die schwefelsauren Salze unter Bildung von Wasser entweder Schwefelmetall oder reines Oxyd oder Oxysulphuret; Bor und Phosphor unter Bildung eines borsauren oder phosphorsauren Salzes, und Alkalimetalle, Mangan, Antimon, Zink, Zinn und Eisen äußern ähnliche Wirkungen. Die wässerigen Lösungen der schwefelsauren Alkalien werden durch organische Substanzen langsam in Schwefelalkalimetalle verwandelt (worauf die Bildung der sog. kalten Schwefelwässer aus gypshaltigem Wasser beim Sickern durch Moorboden beruht) und geben mit allen löslichen Barytsalzen einen weißen, in verdünnter Salpetersäure oder Salzsäure unlöslichen Niederschlag.

Die schwefelsauren Salze erhält man entweder durch Zusammenbringen von Säure und reiner oder kohlensaurer Basis oder durch Einwirkung von Säure auf Metalle, wobei entweder das vorhandene Wasser oder ein Theil der Säure zur Oxydation des Metalles dient und

Wasserstoffgas oder schwefelige Säure entwickelt wird oder durch einfache oder doppelte Affinität.

Schwefel und Wasserstoff.

§. 220. Der Schwefel kann sich mit dem Wasserstoff in mehreren Verhältnissen verbinden und Verbindungen bilden, die sich wie Säuren verhalten; zwei derselben, der Schwefelwasserstoff, SH, und der Wasserstoffschwefel, S_5H, sind besonders genau bekannt.

Früher nahm man an, daß auch die Schwefelmilch eine Verbindung von Schwefel und Wasserstoff sei.

Schwefelwasserstoff, Wasserstoffsulphid, Hydrothionsäure (vergl. Bd. 3, S. 293—298).

94,1 —	16,0 Schwefel	1	Vol.	Schwefelgas
5,9 —	1,0 Wasserstoff	6	„	Wasserstoffgas
100,0 —	17,0 Schwefelwasserstoff:	6	Vol.	Schwefelwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. SH = 17,0. Atom. SH (SH_2).

§. 221. Bildung vergl. a. a. O. Der durch Druck comprimirte oder aus Wasserstoffsupersulphid in einer verschlossenen Röhre entwickelte tropfbar-flüssige Schwefelwasserstoff bildet eine klare, farblose Flüssigkeit von ungefähr 0,9 spec. Gewicht und größerer lichtbrechender Kraft als das Wasser; er ist viel dünnflüssiger und weniger adhäsiv als Aether, wird bei — 17,8° noch nicht fest und löst in der Wärme Schwefel, der beim Erkalten in durchsichtigen gelben Warzen krystallisirt.

Eigenschaften des gasförmigen Schwefelwasserstoffes vergl. a. a. O. Es bildet auch mit Wasser das Schwefelwasserstoffhydrat, welches bei der Zersetzung des mit Wasser in Berührung stehenden Wasserstoffschwefels in Schwefel und flüssigen Schwefelwasserstoff oder beim Leiten von Schwefelwasserstoffgas in wasserhaltigen Weingeist bei sehr niedriger Temperatur entsteht und bei gewöhnlicher Temperatur wieder verschwindet; es ist durchsichtig krystallinisch.

§. 222. Der Schwefelwasserstoff zerfällt beim Leiten durch eine glühende Porzellanröhre oder mittels zweier Platindrähte, als Pole einer Volta'schen Säule, aber nur langsam durch den elektrischen Funken in seine Bestandtheile, wird an der Luft durch schwach rothglühende Kohle oder Eisen entzündet und verbrennt mit blauer Famme unter Bildung von Wasser und schwefeliger Säure und Absatz von Schwefel, verpufft mit Sauerstoffgas gemengt bei der Entzündung, wird durch sauerstoffhaltige Körper durch Oxydation seines Wasserstoffes (so z. B. durch schwefelige Säure und unter Entflammung durch unterchlorigsaures Gas) zersetzt, giebt mit Chlor, Brom und Jod die Wasserstoffverbindungen derselben und Schwefel, bei Ueberschuß auch Verbindungen des Schwefels mit diesen Stoffen, mit Dreifach-Chlorphosphor Chlorwasserstoff und Dreifach-Schwefelphosphor, wird von den Alkalimetallen zur Hälfte absorbirt, zur Hälfte der Wasserstoff abgeschieden, verwandelt schmelzendes Zinn unter Abscheidung von Wasserstoffgas in Schwefelzinn und viele schwere Metalloxyde bei gewöhnlicher Temperatur, selbst wenn sie an Säuren gebunden sind, andere in der Hitze unter Bildung von Wasser in Schwefelmetalle, Eisenoxydsalze unter Abscheidung von Schwefel in Oxydulsaze.

Der in Wasser gelöste Schwefelwasserstoff wird durch Wasserstoffsuperoxyd in Wasser und Schwefel, durch selenige Säure in Wasser und Selensäure, durch Jodsäure oder Bromsäure in Wasser, Schwefel und Jod oder Brom, durch iodsaure oder bromsaure Alkalien in Wasser, Schwefel, Schwefelsäure und Jod oder Brom, durch überschüssige überchlorige

Säure in Wasser, Schwefelsäure, Chlor und Salzsäure, durch Salpetersäure, und einige salpetersaure Salze in Wasser, Schwefel, Schwefelsäure Stickstoffoxyd und Ammoniak und durch mit Essigsäure versetzte chromsaure Alkalien in Wasser, Schwefel (in der Siedhitze auch in Schwefelsäure) und Chromoxyd zersetzt.

§. 223. Der Schwefelwasserstoff zerlegt sich mit den Metalloxyden zu Wasser und Schwefelmetall (vergl. §§. 195—197); sind diese in Wasser gelöst oder damit krystallisirt, so lassen sie sich auch als schwefelwasserstoffsaure Salze, Hydrosulphates, betrachten. Die wasserhaltigen Schwefelalkali- und Erdalkalimetalle sind farblos, krystallinisch oder ölig, schmecken scharf und bitter, riechen bei theilweiser, durch die Kohlensäure der atmosphärischen Luft bedingter Zersetzung nach Schwefelwasserstoff, reagiren stark alkalisch, wirken ätzend und sind in Wasser löslich; sie geben bei der Erhitzung in verschlossenen Gefäßen Wasser und Schwefelmetall oder Schwefelwasserstoff und Oxyd, nehmen beim Kochen mit Schwefel noch bis 4 Aequivalente auf (vergl. §. 196), verwandeln sich im gelösten Zustand an der Luft langsam in Fünffach-Schwefelmetall mit freiem Alkali und nach und nach in unterschwefeligsaures, schwefeligsaures und schwefelsaures Salz, durch schwefelige Säure unter Abscheidung von Schwefel in ein Gemenge von unterschwefeligsaurem und freiem Alkali und Fünffach-Schwefelmetall, durch Chlor in Chlormetall und Fünffach-Schwefelmetall, durch größere Mengen auch in schwefelsaure Salze, und durch geringe Mengen von Säuren, in so ferne diese keine andere Zersetzung bedingen, in Schwefelwasserstoff-Schwefelmetalle, welche bei größerem Zusatz von Säuren unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff zersetzt werden. Als schwefelwasserstoffsaure Salze der schweren Metalloxyde können nur die Niederschläge betrachtet werden, welche in den Sauerstoffsalzen des Manganoxyduls, Zinkoxydes, Zinnoxyduls, Zinnoxydes, Eisenoxyduls, Eisenoxydes, Kobaltoxyduls und Nickeloxydes durch Schwefelalkalimetalle oder, unter Schwefelwasserstoffentwicklung, durch Schwefelwasserstoff-Schwefelmetalle entstehen, indem die entstehenden Schwefelmetalle immer Wasser chemisch gebunden enthalten: sie besitzen oft eine von dem wasserfreien Schwefelmetall verschiedene Farbe, sind ohne Geruch und Geschmack und in Wasser unlöslich, entwickeln (mit Ausnahme des Doppelt-Schwefelzinns) bei Berührung mit Säuren Schwefelwasserstoff, oxydiren sich zum Theil an der Luft unter Bildung eines schwefelsauren Salzes oder eines Gemenges von Metalloxyd und Schwefel, und hinterlassen beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen wasserfreies Schwefelmetall. Verbindungen des Schwefelwasserstoffes mit Schwefelmetallen heißen Schwefelwasserstoff-Schwefelmetalle oder, in so ferne sie in Wasser gelöst oder damit krystallisirt sind, saure schwefelwasserstoffsaure Salze, Bihydrosulphates. Man kennt nur die der Alkalimetalle und des Magnesiums; sie entstehen beim Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in gelöste Schwefelmetalle, sind farblos und größtentheils krystallisirbar, geben in verschlossenen Gefäßen verdunstet trockne Schwefelwasserstoff-Schwefelmetalle oder entwickeln Schwefelwasserstoff und hinterlassen reine Oxyde, verwandeln sich beim Kochen der wässerigen Lösung unter Entwicklung der Hälfte ihres Schwefelwasserstoffes in Fünffach-Schwefelmetalle, geben beim Vermischen mit schwefelsaurem Manganoxydul, Eisenoxydul oder Zinkoxyd ebenfalls die Hälfte Schwefelwasserstoff ab und werden durch alle Säuren gänzlich zersetzt. Verbindungen der Schwefelmetalle unter einander, die sog. Schwefelsalze, entstehen beim Schmelzen oder Lösen der Sulphosäure in Schwefelalkalimetallen oder in reinem oder kohlensaurem Alkali, oder durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine Salzlösung mit metallischer Säure oder beim Zusammenbringen einer

Metallsäure mit einem in Wasser gelösten Schwefelmetall oder durch doppelte Affinität aus einem Schwefelsalz und einem Sauerstoffsalz; sie lösen sich zum Theil in Wasser, zum Theil verbinden sie sich chemisch damit und werden meist durch wässerige Sauerstoffsäuren oder Wasserstoffsäuren unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff in Sauerstoffsalze oder Haloidsalze verwandelt.

Der Schwefelwasserstoff ist als Fällungsmittel der in Säuren gelösten Metalle und wegen der in vielen Fällen eigenthümlichen Farbe der gebildeten Schwefelmetalle eines der wichtigsten Reagentien, so daß eine Zusammenstellung der durch ihn veranlaßten Erscheinungen gegen die am häufigsten vorkommenden Metalle hier gerechtfertigt ist.

Nicht gefällt werden durch Schwefelwasserstoff:

Alkalien, alkalische Erden und Erden, Chromoxyd, Manganoxyde, Kobaltoxyd, Uranoxyd, Ceroxyde, Nickeloxyd, Eisenoxyde und Zinkoxyd.

Mangan, Uran, Cer und Eisen, wenn sie mit mehr als 1 Aequiv. Sauerstoff, Chlor, Brom oder Jod, und Chrom, wenn dieses mit mehr als $1^1/_2$ Aequiv. dieser Elemente verbunden, entlassen den Ueberschuß die Elemente an den Wasserstoff des Schwefels und bedingen dadurch die Abscheidung des Schwefels, der aber auch in Schwefelsäure verwandelt werden kann. Zugleich erhalten aber meist die Lösungen eine andere Farbe; so wird die dunkelrothe Lösung der Manganoxydsalze und die gelbrothe der Ceroxydsalze gänzlich oder beinahe entfärbt, die gelbe Lösung der Uranoxydsalze meist grün, die gelbe, grüne oder blaue des Eisenoxydes und der intermediären Oxyde blaß blaugrün und die gelbe oder braune Farbe der Chromlösungen grün oder bläulich.

Gefällt werden durch Schwefelwasserstoff:

a. Gelb:

Cadmiumlösungen pomeranzengelb;
Zinnoxydlösungen schmutzig gelb mit einem Stich ins Bräunliche;
Arsenige Säure rein gelb, wenn Säuren zugesetzt werden; ohne diese blaßgelbe Färbung;
Arsensäure, ebenfalls gelb nach längerem Stehen.

b. Weiß:

Zinkoxydlösungen, wenn diese sehr neutral sind.

c. Roth:

Antimonoxydlösungen.

d. Braun oder schwarz;

Silberoxydlösungen;
Telluroxydlösungen;
Platinoxyde;
Rhodiumoxydlösungen;
Palladiumoxydlösungen;
Iridoxydlösungen;
Goldoxydlösungen;
Bleioxydlösungen;
Kupferoxydlösungen;
Wismuthoxydlösungen;
Zinnoxydullösungen braun und bei Gegenwart von Oxyd heller;
Quecksilberoxyde und andere lösliche Quecksilberverbindungen geben anfangs einen weißen Niederschlag als eine Verbindung von Quecksilbersulphid mit dem in Auflösung befindlichen Salz; bei

mehr Zusatz von Schwefelwasserstoff wird er aber gelblich, braun und geht zuletzt in reines schwarzes Schwefelquecksilber über.

Außerdem werden noch durch Schwefelwasserstoff gefällt die Molybdänoxyde, Vanadoxyde, die selenige Säure und das Osmiumoxyd, aber nicht verändert die Titansäure und Tantalsäure.

Wasserstoffschwefel, Wasserstoffsupersulphid, hydrothionige Säure.

98,76 — 80,0 Schwefel	5 Vol.	Schwefelgas
1,24 — 1,0 Wasserstoff	6 „	Wasserstoffgas
100,00 — 81,0 hydrothionige Säure:	? Vol.	hydriothionigs. Gas?

Symb. und Aequiv. $S_5 H$ = 81,0. Atom. S_5 **H** ($S_5 H_2$).

§. 224. Diese schon von Scheele gekannte, aber erst von Thenard näher untersuchte Verbindung bildet sich bei der Zersetzung der Fünffach-Schwefelmetalle (vergl. §. 225) mit überschüssiger Säure, als saurer Bestandtheil der sog. hydrothionigsauren Salze bei der Digestion der Schwefelalkalimetalle mit Schwefel, beim Aussetzen deren Lösungen an die Luft, beim Kochen feuerbeständiger ätzender Alkalien mit Schwefel (zugleich mit unterschwefeligsaurem Salz).

Man gießt entweder eine concentrirte wässerige Lösung von Fünffach-Schwefelkalium oder die durch Kochen von 1 Th. Kalkhydrat und 2 Th. Schwefel mit 16 Th. Wasser erhaltene kalte und filtrirte Flüssigkeit in überschüssige verdünnte Salzsäure und trennt das ölige Liquidum von der überstehenden Flüssigkeit.

§. 225. Der Wasserstoffschwefel bildet eine gelbe, durchsichtige, ölartige Flüssigkeit von 1,769 spec. Gewicht, riecht eigenthümlich widrig, schwefelartig, reizt Auge und Nase, schmeckt süß und widerlich bitter, entfärbt und verändert die Haut, bleicht Lakmus, löst sich wenig in Wasser, mehr in Aether, welcher aber alsbald Schwefelkrystalle ausscheidet, ist ungemein leicht zersetzbar, selbst beim Aufbewahren in verschlossenen Gefäßen, entzündet sich am Kerzenlicht und brennt mit blauer Flamme, und bringt Silberoxyd und Goldoxyd zur Erglühung, wobei das Goldoxyd reducirt und das Silberoxyd in Schwefelmetall verwandelt wird.

Der Wasserstoffschwefel wird durch Wärme und sehr viele pulverige, besonders wasseranziehende Körper zersetzt und soll sich nach Thenard in dieser Beziehung ganz dem Wasserstoffsuperoxyd analog verhalten, auch durch Säuren haltbarer werden.

§. 226. Der Wasserstoffschwefel wird als der saure Bestandtheil der in Wasser gelösten Fünffach-Schwefelmetalle betrachtet und diese heißen deßhalb auch hydrothionigsaure Salze; man kennt nur die Verbindung mit den Alkalien und diese nur in den wässerigen Lösungen; die rothbraunen Flüssigkeiten riechen schwach nach Schwefelwasserstoff, schmecken ätzend, alkalisch und bitter, reagiren alkalisch und wirken ätzend; sie entfärben sich an der Luft oder bei Zusatz von schwefeliger Säure unter Abscheidung von Schwefel und Bildung von unterschwefeligsauren Salzen, werden durch Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und Bildung von Wasser zersetzt, geben mit überschüssiger Salzsäure und Schwefelsäure Wasserstoffschwefel, dagegen beim langsamen Vermischen mit diesen Säuren Schwefel und Schwefelwasserstoff, verwandeln sich beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in Schwefelwasserstoff-Schwefelmetalle, wobei 4 Aequiv. Schwefel abgeschieden werden und geben an Quecksilber, Silber und andere Metalle 4 Aequiv. Schwefel ab, wobei sie in Einfach-Schwefelmetalle zurückgeführt werden.

Man erhält die Fünffach-Schwefelmetalle beim Kochen der Einfach-Schwefelmetalle (vergl. §. 196) mit überschüssigem Schwefel.

Schwefel und Stickstoff.

§. 227. Schwefel und Stickstoff wirken für sich unter allen Umständen nicht auf einander; wird hingegen das mit Ammoniak gesättigte Schwefelchlorid in eiskaltes Wasser gebracht, so scheidet sich Stickstoffsulphid oder Schwefelstickstoff, S_3N, als ein hellgrünes, beim Erhitzen bis auf 100° bleibend gelb werdendes Pulver ab; es wird beim Reiben sehr elektrisch, ist geruch- und anfangs geschmacklos, später von vorübergehend scharfem Geschmack, und verursacht auf zarten Theilen der Haut Jucken, ist nicht flüchtig, explodirt beim raschen Erhitzen, zerfällt bei 140° ruhig in seine Bestandtheile, löst sich wenig in Wasser und Weingeist, wird durch ersteres in unterschwefeligsaures Ammoniak verwandelt, und löst sich mit rother Farbe in Schwefelchlorid und leicht in Aether, woraus es krystallisirt.

Die Nitroschwefelsäure, NSO_4, entsteht bei der Einwirkung von Stickstoffoxydgas auf schwefeligsaure Alkalien und bildet farblose, krystallisirbare Salze, welche in der Hitze in schwefeligsaure Salze und Stickstoffoxydgas zerfallen und durch alle Säuren, selbst durch Kohlensäure, zersetzt werden; die Säure derselben zerfällt dabei wieder und kann deßhalb nicht isolirt dargestellt werden.

Schwefelsaures Stickstoffoxyd, $NO_2, 2SO_3$, bildet sich beim Zusammentreffen von wasserfreier Schwefelsäure und Stickstoffoxyd, und beim Vermischen von tropfbar-flüssiger schwefeliger Säure und Untersalpetersäure, krystallisirt in farblosen Säulen und seidenglänzenden Nadeln von 2,14 spec. Gewicht, wird bei 217° flüssig, ist ohne Zersetzung flüchtig, wird durch luftfreies Wasser in Stickstoffoxyd und Schwefelsäurehydrat, durch lufthaltiges in salpetrige Säure und Schwefelsäurehydrat verwandelt und bildet mit einer kleinen Menge Schwefelsäurehydrat bei gelinder Wärme eine grüngelbe Lösung, die beim Erkalten erstarrt und in vierseitigen Säulen oder federartig oder körnig krystallisirt; diese letztere Verbindung ($NO_2, 3SO_3, 2HO$) zerfällt bei stärkerer Erhitzung in Stickstoffoxyd und eine flüssige Verbindung von schwefelsaurem Stickstoffoxyd mit Schwefelsäure, löst sich in Wasser rasch unter theilweiser Entwicklung des Stickstoffoxydes und erglüht heftig beim Erhitzen mit Magnesia oder Baryt; die flüssige Verbindung ist von 1,88 bis 1,96 spec. Gewicht, giebt bei Erhitzung ein Destillat, von dem die erste Hälfte weniger Stickstoffoxyd als der Rückstand enthält, und mit Kalihydrat, Kalk oder Magnesia unter Erhitzung und Entwicklung von Untersalpetersäure schwefelsaure Salze, braust stark mit erhitztem Salpeter, entzündet bei 62° Phosphor, oxydirt Zink, Eisen, Kupfer, Quecksilber und Silber unter purpurrother oder veilchenblauer Färbung der Flüssigkeit und Entwicklung von Stickstoffoxydgas, und färbt Eisenchlorürlösung dunkelbraun.

Die Schwefelsäurebildung beruht auf der Entstehung des schwefelsauren Stickstoffoxydes und seiner Verbindung mit Schwefelsäurehydrat, indem nämlich entweder Schwefel mit $^1/_8$ Salpeter gemengt verbrennt wird, wobei sich neben schwefeligsaurem Gas Stickstoffoxydgas entwickelt, oder schwefelige Säure in Kammern geleitet wird, wo Salpetersäure in flüssiger Form auf Schalen oder in Dampfgestalt enthalten ist, und durch einen Theil der schwefeligen Säure in Schwefelsäure und Stickstoffoxydgas zersetzt wird, oder endlich zu schwefeliger Säure ein Gemenge von Stickstoffoxyd und Untersalpetersäure, wie es sich beim Erhitzen von Zucker, Stärkmehl u. s. w. mit Salpetersäure bildet, geleitet wird; immer mengen sich nun schwefelige Säure, die aus dem Stickstoffoxyd

und dem Sauerstoff der in der Kammer enthaltenen Luft entstandene Untersalpetersäure und hinzugeleiteter Wasserdampf, und es entsteht schwefelsaures Stickstoffoxyd, welches sich in dicken Nebeln zu Boden senkt und in dem daselbst befindlichen Wasser zu wässeriger Schwefelsäure unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas löst, das mit dem übrigen Sauerstoff der atmosphärischen Luft wieder Untersalpetersäure und diese mit schwefeliger Säure schwefelsaures Stickstoffoxyd u. s. w. bildet.

Schwefel und Kohlenstoff.

Schwefelkohlenstoff, Kohlenstoffsulphid, Kohlenschwefelsäure. (Vergl. Bd. 3, S. 362—369).

84,21	— 32,0 Schwefel	2 Vol. Schwefelgas	
15,79	— 6,0 Kohlenstoff	1 „ Kohlenstoffgas	
100,00	— 38,0 Schwefelkohlenstoff:	1 Vol. Schwefelkohlenstoffgas.	

Symb. und Aequiv. $CS_2 = 38{,}0$. Atom. CS_2.

§. 228. Der Schwefelkohlenstoff entzündet sich an der Luft und verbrennt mit blauer Flamme, erregt beim Verbrennen im Sauerstoffgas eine bis zum Schmelzen von Platindraht gesteigerte Hitze, verpufft sehr heftig mit Sauerstoffgas vermengt durch den elektrischen Funken unter Bildung von schwefeliger Säure und Kohlensäure, mit unterchlorigsaurem Gas ohne andere Hülfsmittel zu Kohlensäure, Schwefelsäure, Chlorschwefel und Schwefel, wird durch kalte Schwefelsäure in seine Bestandtheile zersetzt, giebt beim Leiten über glühendes Eisenoxyd, Manganoxyd und Zinnoxyd Schwefelmetall, Kohlensäure und schwefelige Säure, beim Leiten über glühenden Kalk, Baryt oder Strontian Schwefelmetall und kohlensaures Salz und über gelinde glühendes kohlensaures Kali unter Entwicklung von Kohlensäure ein Gemenge von Dreifach-Schwefelkalium und Kohle, entzündet in Dampfgestalt erhitztes Kalium mit röthlicher Flamme, verwandelt sich beim Leiten über nicht hinreichende Mengen von rothglühendem Eisen oder Kupfer in eine rosenfarbige, scharf schmeckende, sehr flüchtige Flüssigkeit, oxydirt sich unter gleichzeitiger Einwirkung von Wasser und Luft langsam zu Kohlensäure und Schwefelsäure, löst sich in den ätzenden Alkalien unter Bildung von kohlensaurem Alkali und Schwefelkohlenstoff-Schwefelmetall, geht bei längerer Berührung mit wässerigem Ammoniak in Schwefelkohlenstoff Schwefelammonium und Schwefelcyanammonium über und verwandelt sich beim Lösen in mit Ammoniak gesättigtem Weingeist rasch in Schwefelkohlenstoff-Schwefelammonium, Schwefelwasserstoff-Schwefelcyanammonium und Schwefelammonium.

Die beim Leiten über glühendes Eisen oder Kupfer entstehende Flüssigkeit ist vielleicht eine Verbindung von gleichen Aequiv. Kohlenstoff und Schwefel mit unzersetztem Schwefelkohlenstoff vermischt.

§. 229. Der Schwefelkohlenstoff verbindet sich mit den basischen Schwefelmetallen zu Schwefelkohlenstoff-Schwefelmetallen, Sulphocarbonates, welche, wenn sie in Wasser gelöst sind oder dieses gebunden enthalten, als kohlenschwefelwasserstoffsaure Salze, Hydrothiocarbonates, betrachtet werden können. Sie sind rothgelb, braungelb, braun oder schwarz, im wasserhaltigen Zustand gelb, haben, wenn sie löslich sind, einen anfangs kühlenden, pfefferartigen, später hepatischen Geschmack, zerfallen im trocknen Zustand beim Erhitzen entweder in Dreifach-Schwefelmetall und Kohle, oder in Schwefelkohlenstoff und Schwefelmetall, bei Gegenwart von gebundenem Wasser in Kohlensäure, schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff und Schwefel, die Lösungen der Alkaliverbindungen beim Kochen in kohlensaures Alkali und Schwefelwasserstoff. In Wasser löslich sind die Schwefelkohlenstoffmetalle der Alkalien und einiger Erden; die Lösungen sind im concentrirten

Zustand ziemlich beständig, zerfallen aber bei Verdünnung rasch in kohlensaures Salz und Schwefel, geben mit Zinksalzen einen gelbweißen, mit Cadmiumsalzen einen citronengelben, mit Bleisalzen einen rothen, mit Kupfersalzen einen braunen, mit Quecksilberoxydsalzen einen gelben und, wie der Kupferniederschlag, bald unter Abscheidung von Schwefelkohlenstoff und Bildung von reinem Schwefelmetall bald schwarz werdenden, und mit verdünnten Silberlösungen einen gelben, mit concentrirten einen schwarzen Niederschlag und scheiden im concentrirten Zustand mit starken Säuren vermischt Kohlenschwefelwasserstoffsäure (vergl. §. 230) ab. Die unlöslichen Schwefelkohlenstoffmetalle lösen sich in den Verbindungen der Alkalimetalle.

Man erhält die Schwefelkohlenstoffmetalle durch Lösen von Schwefelkohlenstoff in wässerigen Einfach-Schwefelalkalimetallen oder durch Sättigung der Kohlenschwefelwasserstoffsäure mit kohlensauren Alkalien und Verdunsten der Lösungen bei 40° oder durch Zersetzung schwerer Metallsalze mit den Alkaliverbindungen.

Kohlenschwefelwasserstoff, Hydrothiocarbonsäure.

87,27 — 48,0 Schwefel		69,09 — 38,0 Schwefelkohlenstoff	
10,91 — 6,0 Kohlenstoff		30,91 — 17,0 Schwefelwasserstoff	
1,82 — 1,0 Wasserstoff			
100,00 — 55,0 Schwefelkohlenwasserst.		100,00 — 55,0	

Symb. und Aequiv. S_3CH (CS_2,HS) = 55,0. Atom. $CS_3\mathbf{H}$ (CS_3H_2).

§. 230. Diese von Zeise entdeckte Säure bildet sich beim Lösen des Schwefelkohlenstoffs in Schwefelalkalimetallen und man scheidet sie aus der trocknen Ammoniakverbindung durch Salzsäure ab; sie stellt eine rothbraune, ölartige in Wasser untersinkende, eigenthümlich und nach Schwefelwasserstoff riechende, in verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure lösliche Flüssigkeit dar, welche mit Bleisalzen, Kupfersalzen und Quecksilbersalzen die §. 229 angegebenen Reaktionen zeigt und mit den basischen Oxyden überhaupt die kohlenschwefelwasserstoffsauren Salze giebt.

Zeise nannte sie Säure des rothwerdenden Salzes; sie darf nicht mit der ebenfalls von Zeise entdeckten Xanthogensäure (vergl. Chemie der zusammengesetzten Radikale) verwechselt werden.

Schwefel und Chlor.

§. 231. Schwefel und Chlor verbinden sich schon bei gewöhnlicher Temperatur unter Wärmeentwicklung zu Schwefelchlorür, welches bei weiterer Einwirkung von Chlor in Schwefelchlorid und dieses bei der Einwirkung erhitzter atmosphärischer Luft in Sesquichlorür übergeht. Das **Schwefelchlorür**, S_2Cl, erhalten durch Einleiten von trocknem Chlorgas in trockne Schwefelblumen oder durch Destillation von 4 Th. Quecksilberchlorid oder 2 Th. Zinnchlorid mit 1 Th. Schwefel, stellt eine bräunlich-gelbe, ölige Flüssigkeit von 1,686 dar, siedet bei 139°, raucht stark an der Luft, riecht nach Seekräutern (nach gekochten Krebsen, Dbr.), reizt als Dampf die Augen zum Thränen, schmeckt sauer, heiß und bitter, wird vom Wasser langsam in Salzsäure, Schwefel und unterschwefelige Säure (diese in Schwefel und schwefelige Säure) zersetzt, giebt bei der Erwärmung mit Phosphor unter Abscheidung von Schwefel Chlorphosphor und bei gewöhnlicher Temperatur mit Schwefelwasserstoff Salzsäure und Schwefel, zerfällt beim Leiten mit Schwefelsäuredämpfen durch eine glühende Röhre in Schwefel, schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff, Chlorwasserstoff und Chlor, mischt sich mit Schwefelkohlenstoff und löst in bedeutender Menge Selen und Schwefel, welcher sich beim Erkalten krystallinisch ausscheidet. Das **Schwefelchlorid**, SCl, erhalten durch lang andauernde Einwirkung von

Chlor auf Schwefelblumen und wiederholte Rectification der Verbindung in einem Strom von Chlorgas; ist eine dunkelbraunrothe, dünne Flüssigkeit von 1,620 spec. Gewicht, wird bei — 30° nicht fest, siedet bei 64°, dampft und riecht wie das Chlorür, jedoch deutlicher nach Chlor, schmeckt sauer, heiß und bitter, wird in der Hitze und am Sonnenlicht zersetzt, verpufft mit Kalium, bildet mit glühendem Eisen oder Kupfer unter Feuerentwicklung Chloride und Sulphide, zersetzt sich langsam mit Wasser in Salzsäure und unterschwefelige Säure, mit wässerigem Ammoniak in Schwefel, Stickstoffgas und Chlorammonium, braust mit Weingeist und Aether stark auf und löst Phosphor; beide Chloride absorbiren Phosphorgas und Ammoniak und verbinden sich mit einigen Chlormetallen. (Ein festes Schwefelchlorid bildet sich nach Millon und Marchand bei der lang andauernden Einwirkung des Chlors auf Schwefel, ist gelb, riecht wie die flüssige Verbindung, verflüchtigt sich an der Luft in weißen Nebeln, löst sich in Schwefelchlorür zu einer braunrothen Flüssigkeit und löst sich mit heftigem Zischen unter Abscheidung von Schwefel und Bildung von Schwefelsäure, schwefeliger und unterschwefeliger Säure und Salzsäure in Wasser; wird als das wirkliche Chlorid [SCl] betrachtet.) Das Schwefelsesquichlorür, S_4Cl_3 oder $S_2Cl, 2SCl$, stellt eine rothe, widrig riechende und schmeckende, bei 73° siedende Flüssigkeit dar; entsteht, wenn das Chlorid bei 55° einem Strom trockner atmosphärischer Luft ausgesetzt wird. — Der Schwefel verbindet sich noch in zwei anderen Verhältnissen mit Chlor, das Schwefelsuperchlorür SCl_2 und das Schwefelsuperchlorid, SCl_3, darstellend; ersteres ist nur in Verbindung mit Titanchlorid, Zinnchlorid und Antimonchlorid, letzteres in Verbindung mit Schwefelsäure darstellbar.

Die Verbindung des Schwefelsuperchlorides mit Schwefelsäure, das Schwefelquinquacichlorid, $SCl_3, 5SO_3$, bildet sich bei der Destillation des Schwefelchlorids mit rauchender Schwefelsäure, ist farblos, ölartig, siedet bei 145°, raucht an der Luft, hat einen ganz eigenthümlichen Geruch und zersetzt sich mit Wasser in Schwefelsäure und Salzsäure, mit Baryt in schwefelsauren Baryt, Schwefelsäure und Salzsäure. — Ein Schwefelbiacichlorid, $SCl_3, 2SO_3$, bildet sich bei längerer Einwirkung des Sonnenlichtes auf ein Gemische von Chlorgas und schwefeliger Säure, ist dünnflüssig, farblos, siedet bei 77°, hat einen erstickenden Geruch und zerfällt mit Wasser in Schwefelsäure und Salzsäure, mit Baryt in schwefelsauren Baryt und Chlorbaryum.

Kohlensaures Schwefelsuperchlorür oder chlorunterschwefeligsaures Chlorkohlenoxyd, SCl_2, CO_2 oder nach Berzelius = $COCl, SOCl$, auch als CCl_2, SO_2 zu betrachten, entsteht langsam bei der Digestion des Schwefelkohlenstoffs mit einem Gemische von rauchender Salpetersäure und concentrirter Salzsäure, schneller bei der Einwirkung von feuchtem Chlorgas auf Schwefelkohlenstoff, bildet eine farblose, durchsichtige, campherähnliche Masse, schmilzt bei gelinder Wärme, ist flüchtig, hat einen scharfen, unangenehmen Geruch, und einen scharfen, brennenden, hintennach sauren Geschmack, löst sich in Schwefelkohlenstoff, Weingeist, Aether, ätherischen und fetten Oelen, zerfällt durch Wasser oder wässeriges Kali in Kohlensäure, schwefelige Säure und Salzsäure, und giebt mit glühender Eisenfeile Chloreisen, Schwefeleisen, Kohlensäure und Kohlenoxyd.

Schwefel und Brom, Jod und Fluor.

§. 232. Schwefel und Brom verbinden sich unmittelbar in zwei Verhältnissen zu einer röthlichen, ölartigen (Schwefelbromür) und einer rothen

Flüssigkeit (Schwefelbromid); beide sind schwerer als Wasser, sehr flüchtig, von widerlichem Geruch, an der Luft rauchend und durch Wasser dem Chlorschwefel analog zersetzbar. Schwefel und Jod verbinden sich bei der Erhitzung (vergl. Bd. 3, S. 369) zu Jodschwefel, auch auf nassem Wege, z. B. wenn bei der Bereitung des Jodwasserstoffes Jod, Schwefelwasserstoff und Wasser auf einander wirken, wo sich der ausscheidende Schwefel mit einem Theil Jod verbindet. Schwefelfluor wird erhalten, wenn Fluorblei oder Fluorquecksilber mit Schwefel der Destillation unterworfen wird.

Ein schwefelsaures Schwefelbromid scheint sich zu bilden, wenn eine noch dünnflüssige Lösung von Schwefel in Brom mit dem Dampf wasserfreier Schwefelsäure gesättigt und dann der Destillation unterworfen wird.

B. Vom Selen.

Symb. und Aequiv. Se = 39,631. Atomengew. 494,582 oder (H = 1,0) 79,263. Spec. Gewicht = 4,32. Spec. Wärme 0,0837.

§. 233. Das Selen findet sich nur in geringer Menge in der Natur an Metalle gebunden und meist mit Schwefelmetallen vermischt, auch mit Schwefel und in den Tellurerzen.

Das von Berzelius entdeckte Selen erhält man aus dem Schwefelselen (selenhaltiger Schlamm, welcher sich bei der Darstellung der englischen Schwefelsäure aus manchen Schwefelsorten am Boden der Bleikammern ansammelt) durch Erhitzen mit Braunstein, oder durch Auflösen in Kalilauge und Verdünnen mit Wasser, oder durch Erhitzung des selenigsauren Natrons mit Salmiak.

§. 234. Das Selen ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, spröde, leicht zu ritzen und zu pulvern, in Masse dunkelbleigrau, metallglänzend und an den Kanten roth durchscheinend, fein zertheilt ein dunkelrothes bis scharlachrothes Pulver, krystallisirt nur schwierig in vierseitigen Säulen, leitet nicht die Elektricität und schwach die Wärme, ist ohne Geruch und Geschmack, wird in der Wärme weich, bei 100° halbflüssig und schmilzt wenig darüber vollständig, bleibt beim Erkalten lange weich, knet- und dehnbar, siedet unter der Glühhitze, verwandelt sich dabei in dunkelgelbe, nicht nach Rettig riechende Dämpfe und löst sich nicht in Wasser, Weingeist oder Aether, aber in fetten Oelen und mit grüner Farbe in concentrirter Schwefelsäure, woraus es bei der Verdünnung als ein rothes Pulver niederfällt.

Berzelius reihet das Selen den Metallen bei.

§. 235. Das Selen zeigt keine so große Verwandtschaft zu den übrigen Stoffen, wie der Schwefel, und hat auch mit mehreren nicht metallischen Stoffen, wie mit Kohlenstoff, Bor, Kiesel u. s. w. noch nicht verbunden werden können, während Verbindungen mit anderen nicht metallischen Stoffen nicht streng den Charakter einer chemischen Verbindung haben. Es verbindet sich jedoch mit mehreren Stoffen unmittelbar und verhält sich ganz wie der Schwefel, indem es sowohl ein brennbarer, als auch ein zündender Körper ist.

Wird Selen stark an der Luft erhitzt, so verbrennt es theilweise mit röthlich-blauer Flamme zu Selenoxyd und seleniger Säure; erhitztes Kupfer, Eisen u. s. w. verbrennen aber auch im Selendampf.

§. 236. Die Verbindungen des Selens mit den Metallen entsprechen, so weit sie bekannt sind, den Schwefelmetallen und heißen im Allgemeinen Selenmetalle oder Selenide, welche, wie die Schwefelmetalle theils

saurer, theils basischer Natur (Selensäuren und Selenbasen) sind und unter einander verbunden die Selensalze bilden.

Die verschiedenen Verbindungen des Selens mit ein und demselben Metall werden ganz den Schwefelmetallen entsprechend (vergl. §. 195) benannt, nämlich Selenüre, Seleniurela, Selenide, Seleniida, und Superselenide, Superseleniida.

§. 237. Die Selenmetalle sind den Schwefelmetallen sehr ähnlich; die der Alkalimetalle haben eine rothe oder, bei Ueberschuß von Selen, rothbraune Farbe und den Geruch und Geschmack der Schwefelalkalimetalle, die übrigen Selenmetalle eine meist dunkle Farbe und Metallglanz und sind meist schmelzbarer als die in ihnen enthaltenen Metalle. Beim Erhitzen derselben an der Luft verbrennt das Selen langsam mit röthlicher Flamme und unter Verbreitung des Geruches nach Rettig, doch ist das Selen schwieriger durch Röften zu verjagen als der Schwefel; sie lösen sich schwieriger in Salpetersäure als die reinen Metalle (Selenquecksilber gar nicht) und werden in der Hitze durch Chlor in Chlormetalle und Chlorselen zersetzt.

Man erhält die Selenmetalle entweder unmittelbar wie die Schwefelmetalle oder durch Fällung der meisten in Säuren gelösten schweren Metalloxyde mit Selenwasserstoff oder durch Erhitzen der reinen oder kohlensauren Oxyde mit Selen oder durch Glühen der selenigsauren und selensauren Salze mit Kohle oder Wasserstoff.

Selen und Sauerstoff.

§. 238. Das Selen verbindet sich schwieriger mit dem Sauerstoff, als der Schwefel, und muß ziemlich stark erhitzt und mit einer Flamme berührt werden, ehe es sich entzündet; es verbrennt dabei an der atmosphärischen Luft mit röthlich-blauer, im Sauerstoffgas mit weißer oder blau-grüner Flamme zu Selenoxyd, SeO, und seleniger Säure, SeO, welche durch weitere Oxydation in Selensäure, SO_3, übergeführt werden kann.

Das Selenoxyd, SeO, bildet sich auch in geringer Menge beim Erhitzen von seleniger Säure mit Selen, in größerer Menge beim Erhitzen des Schwefelselens mit Königswasser, welches nicht so viel Salpetersäure enthält, daß aller Schwefel oxydirt werden kann; man erhält es mit Sauerstoffgas vermengt durch Verbrennung des Selens in einer mit Sauerstoffgas gefüllten Glocke und Entfernung der selenigen Säure durch Wasser als ein farbloses, durchdringend nach Rettig riechendes Gas, welches nur wenig von Wasser absorbirt wird und sich weder mit Basen, noch mit Säuren verbindet.

Selenige Säure.

71,43 — 39,631 Selen	1 Vol. Selengas
28,57 — 16,000 Sauerstoff	6 „ Sauerstoffgas
100,00 — 59,631 selenige Säure:	6 Vol. selenigsaures Gas.

Symbol. und Aequiv. $SeO_2 = 59{,}631$. Atom. SeO_2.

§. 239. Die selenige Säure bildet sich beim Verbrennen des Selens in der atmosphärischen Luft oder in Sauerstoffgas, bei der Einwirkung von Salpetersäure oder Königswasser oder von Braunstein und Schwefelsäure auf Selen und beim Kochen desselben mit Schwefelsäure.

Selen wird in einer Glaskugel bis zum Kochen erhitzt und Sauerstoffgas darüber geleitet, oder mit Salpetersäure oder Königswasser erhitzt, wobei zuerst Salpetersäure und Salzsäure überdestilliren und dann selenige Säure sublimirt.

§. 240. Die selenige Säure bildet eine weiße Masse, welche beim

Erhitzen, ohne zu schmelzen, in gelbe Dämpfe verwandelt wird, die sich beim Erkalten zu eigenthümlich glänzenden, oft sehr langen, vierseitigen Nadeln verdichten, hat einen rein sauren, hintennach brennenden Geschmack und als Dampf einen stechend sauren Geruch, zieht aus der Luft Feuchtigkeit an und löst sich leicht in Wasser und Weingeist.

Beim Erkalten der heißgesättigten wässerigen Lösung krystallisirt selenige Säure-Hydrat (SeO_2, HO) in gestreiften, dem Salpeter sehr ähnlichen Säulen, welche in der Hitze zuerst das Wasser entlassen.

§. 241. Die selenige Säure zerfällt mit überschüssigem Ammoniak erhitzt im Wasser, Selen und Stickstoffgas, läßt auf Zusatz von Salzsäure langsam, in der Hitze oder am Sonnenlicht schnell Selen fallen, giebt mit Schwefelwasserstoff Selenschwefel und Wasser, wird durch Erhitzen mit Selen nur sehr wenig in Selenoxyd verwandelt und setzt, wenn sie mit Salzsäure gemischt ist, auf eingetauchtes Eisen oder Zink das Selen als eine dunkel-kupferrothe Haut und in rothen, braunen oder schwärzlich-grauen Flocken ab.

Es ist wahrscheinlich, daß die selenige Säure in der Hitze an Wasserstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor und Bor den Sauerstoff abgiebt.

§. 242. Die selenige Säure bildet mit den basischen Oxyden die selenigsauren Salze, Selenites, von denen es neutrale, saure, übersaure und einige basische giebt. Die neutralen Alkalisalze reagiren alkalisch, haben aber einen rein salzigen Geschmack, die sauren Salze reagiren auch sauer. In der Hitze werden die selenigsauren Salze theils gänzlich, theils nur zum Theil, theils gar nicht zersetzt, geben beim Erhitzen mit Kohle ohne Verpuffung Kohlenoxydgas und Kohlensäure und hinterlassen entweder Selenmetalle oder, unter gleichzeitiger Entwicklung von Selen, Metalloxyd und beim Erhitzen mit Salmiak Selen, und werden in der Hitze durch Schwefelsäure, Phosphorsäure und Borsäure, aber nicht durch Salzsäure zersetzt. Die selenigsauren Alkalien lösen sich leicht, die übrigen schwierig oder gar nicht in Wasser, sämmtlich in Salpetersäure und seleniger Säure. Die wässerige Lösung scheidet in Berührung mit schwefeliger Säure, die salzsaure in Berührung mit Zink Selen, in Berührung mit Schwefelwasserstoff aber Selenschwefel ab.

Man erhält die selenigsauren Salze aus ihren binären Bestandtheilen oder durch doppelte Affinität.

Selensäure.

Zusammensetzung im wasserfreien unbekannten Zustand:

62,5 — 39,631	Selen	1 Vol.	Selendampf
37,5 — 24,000	Sauerstoff	9 „	Sauerstoffgas
100,0 — 63,631	Selensäure:	? Vol.	Selensäuregas?

Symb. und Aequiv. $SeO_3 = 63{,}631$. Atom. SeO_3.

§. 243. Die von Mitscherlich entdeckte Selensäure bildet sich beim Glühen von Selen, Selenmetallen, seleniger Säure oder selenigsauren Salzen mit salpetersauren Alkalien, beim Durchleiten von Chlor in mit Kali versetztes selenigsaures Kali und bei der Berührung von Selen oder seleniger Säure mit Wasser und überschüssigem Chlor oder unterchloriger Säure.

Wässerige Selensäure erhält man durch Glühen von selenigsaurem und salpetersaurem Natron, Lösen der Salzmasse in Wasser und Umkrystallisiren des selensauren Natrons, Lösen desselben in Wasser, Fällung der Lösung mit salpetersaurem Bleioxyd, Zersetzung des in Wasser vertheilten Bleisalzes mit Schwefelwasserstoff und Verdunsten des Filtrates,

auch durch Einleiten von überschüssigem Chlor in die wässerige Lösung der selenigen Säure und Verdunsten.

§. 244. Die Selensäure läßt sich bei 280° bis auf einen Säuregehalt von 84,21% (ohngefähr SeO_3, Aq.) verdunsten, enthält aber dann schon etwas selenige Säure und zerfällt bei 285° vollständig in selenige Säure und Sauerstoffgas; beim Kochen mit Salzsäure bildet sie Wasser und selenige Säure unter Entwicklung von Chlor; sie löst im mehr verdünnten Zustand in der Wärme Kupfer und Gold unter Bildung seleniger Säure, Zink und Eisen unter Entwicklung von Wasserstoffgas, wirkt aber nicht auf Platin, während ihr Gemische mit Salzsäure dieses Metall und Gold auflöst; sie zersetzt sich nicht durch Schwefelwasserstoff und schwefelige Säure und treibt, wie die Schwefelsäure, aus den meisten Salzen die Säure aus.

Die möglichst concentrirte Selensäure zieht aus der Luft Feuchtigkeit an und erhitzt sich stark beim Vermischen mit Wasser.

§. 245. Die Selensäure äußert eine große Affinität zu den basischen Oxyden und bildet mit ihnen die selensauren Salze, Seleniates, welche mit den schwefelsauren, chromsauren und mangansauren Salzen isomorph sind; sie werden beim Erhitzen meist nicht zersetzt, verpuffen auf glühenden Kohlen unter Entwicklung des Selengeruches und gewöhnlich mit Hinterlassung eines Selenmetalles, werden sehr leicht durch Wasserstoffgas in Selenmetalle verwandelt, geben beim Erhitzen mit Salmiak Selen und beim Kochen mit überschüssiger Salzsäure selenige Säure und Chlor, und lösen sich mit Ausnahme des Baryt-, Strontian-, Kalk- und Bleisalzes alle leicht, die genannten nur schwierig oder gar nicht in Wasser und verdünnter Salpetersäure.

Man erhält die selensauren Salze entweder aus der Säure und der reinen oder kohlensauren Basis oder durch Einwirkung der wässerigen Säure auf verschiedene Metalle oder durch einfache oder doppelte Affinität.

Selen und Wasserstoff.

Selenwasserstoff, Wasserstoffselenid, Hydroselensäure.

97,53 —	39,631	Selen	1	Vol. Selengas
2,47 —	1,000	Wasserstoff	6	„ Wasserstoffgas
100,00 —	40,631	Selenwasserstoff:	6	Vol. Selenwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. $SeH = 40{,}631$. Atom. $Se\mathbf{H}$ (SeH_2).

§. 246. Der Selenwasserstoff bildet sich bei der Zersetzung eines Selenmetalles durch eine wässerige Säure, in geringer Menge bei der Sublimation des mit Wasser befeuchteten Selens.

Selenkalium und Seleneisen wird mit verdünnter Salzsäure übergossen und das beim Erhitzen sich entwickelnde Gas über Quecksilber aufgesammelt.

§. 247. Der Selenwasserstoff ist ein farbloses coërcibles Gas von 2,795 spec. Gewicht, hat anfangs einen dem Schwefelwasserstoff ähnlichen Geruch, verursacht aber später Trockenheit und eine stechende, zusammenziehende und schmerzhafte Empfindung in den Schleimhäuten der Nase, wirkt auf die Augen entzündend und verursacht oft lange anhaltenden Schnupfen oder trockenen peinlichen Husten, löst sich reichlicher in Wasser als der Schwefelwasserstoff, zersetzt sich bei Berührung mit feuchten Körpern und atmosphärischer Luft in Selen und Wasser, und giebt mit erhitztem Zinn Wasserstoffgas und Selenzinn.

Der wässerige Selenwasserstoff hat einen schwachen Geruch und hepatischen Geschmack, färbt die Haut dauerhaft rothbraun, röthet Lakmus, läßt

an der Luft nach und nach alles Selen fallen, erleidet durch wenig Salpetersäure keine Veränderung und giebt mit den meisten in Wasser gelösten schweren Metalloxyden Wasser und unlösliche Selenmetalle von brauner und schwarzer Farbe, mit Cer-, Mangan- und Zinksalzen fleischrothe Niederschläge von Selenmetallhydraten.

§. 248. Der Selenwasserstoff giebt mit den Metalloxyden Wasser und Selenmetalle (vergl. §§. 236 und 237), die, wenn sie in Wasser gelöst oder damit verbunden sind, als selenwasserstoffsaure Salze, Hydroseleniates, betrachtet werden können. Die Salze der Alkalien sind wahrscheinlich im reinsten Zustand farblos, aber meist durch überschüssiges Selen geröthet, riechen und schmecken wie die Schwefelwasserstoff-Alkalien, färben in der wässerigen Lösung die Haut dauerhaft gelb, braun oder schwarz und verwandeln sich an der Luft unter Absatz einer metallglänzenden Haut in reines oder kohlensaures Alkali; die Salze der erdigen Alkalien und Magnesia sind fleischroth und nur im Selenwasserstoffwasser löslich, die Salze der Erden, des Mangans und Zinks ebenfalls fleischroth, aber gar nicht in Wasser löslich.

Auch die Selenwasserstoff-Erdalkalien, Magnesia, Erden, Zink- und Manganoxyd scheinen ihre Farbe nur einem Ueberschuß von Selen zu verdanken, da sie bei der Zersetzung mit Säuren neben Selenwasserstoff auch Selen abscheiden.

Selen und Salzzeuger.

Chlorselen.

§. 249. Selen zerfließt beim Ueberleiten von Chlorgas unter Erhitzung zu einer braunen Flüssigkeit, die durch mehr Chlor fest und weiß, bei Zusatz von Selen aber wieder braun und flüssig wird; die flüssige Verbindung ist Selenchlorür, $Se_2 Cl$, schwerer als Wasser, flüchtig und zerfällt durch Wasser langsam in Salzsäure, selenige Säure und Selen. Die feste Verbindung ist Selensuperchlorür, $Se Cl_2$, noch leichter in gelben Dämpfen flüchtig, die sich zu kleinen weißen Krystallen verdichten, und bildet mit Wasser unter Wärmeentwicklung und schwachem Aufbrausen eine Lösung von Salzsäure und seleniger Säure.

Ein schwefelsaures Selensuperchlorür entsteht, wenn Selensuperchlorür und wasserfreie Schwefelsäure in einem verschlossenen Gefäße längere Zeit mit einander in Berührung sind, bis sich eine syrupartige Flüssigkeit gebildet hat, die bei der Destillation Chlor und einen rothgelben Dampf entwickelt, welcher sich zu einem farblosen Syrup und dann zu einer weißen, wachsähnlichen, an der Luft zerfließenden Masse verdichtet.

Bromselen.

§. 250. Selen und Brom mischen sich in verschiedenen Verhältnissen, doch scheint die Verbindung aus 1 Th. Selen und 5 Th. Brom (ohngefähr $SeBr_2$, also Selensuperbromür) die dauerhafteste zu sein; sie entsteht unter starker Wärmeentwicklung und lebhaftem Zischen und wird augenblicklich braunroth und fest; sie ist zum Theil unzersetzt flüchtig und giebt mit Wasser eine Lösung von Bromwasserstoff und seleniger Säure, welche bei Zusatz von Salzsäure einen Niederschlag von Selen geben soll.

Jod und Selen schmelzen bei gleichen Aequivalenten in der Hitze leicht zu einer schwarzgrauen Masse zusammen, die aber an wasserfreien Weingeist alles Jod abgiebt.

Fluorselen.

§. 251. Wird Selendampf über in einer Platinkugel schmelzendes Fluorblei geleitet, so bildet sich Selenfluorid, welches sich in der Vorlage

krystallinisch verdichtet, in starker Hitze unzersetzt flüchtig ist, sich in concentrirter Fluorwasserstoffsäure löst und durch Wasser rasch zersetzt wird.

Selen und Schwefel.

Selenschwefel.

§. 252. Selen und Schwefel lassen sich in allen Verhältnissen zusammenschmelzen; Selensupersulphür, SeS_2, wird erhalten, wenn eine Lösung von seleniger Säure mit Schwefelwasserstoff in Berührung kommt, und bildet einen anfangs citronen-, bald pomeranzengelb werdenden Niederschlag, welcher sich beim Erhitzen der Flüssigkeit zu einer feuerrothen Masse zusammenballt und nach dem Trocknen roth erscheint; es wird bei 100° weich, schmilzt einige Grade darüber und ist in höherer Temperatur als eine nach dem Erstarren pomeranzengelbe, durchsichtige Masse flüchtig, verbrennt an der Luft erhitzt zu schwefeliger Säure und Selenoxyd, wird schwierig durch Salpetersäure, leicht durch Königswasser oxydirt, uud durch übergeleitetes Chlor in Selensuperchlorür und Schwefelchlorid verwandelt, giebt mit wenig kohlensaurem Kali zusammengeschmolzen Schwefelkalium und Selen, mit mehr auch Selenkalium, entläßt an wenig Kalilage Schwefel, an mehr auch etwas Selen, und hinterläßt reines Selen, und bildet mit Schwefelkalium oder Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium in der wässerigen Lösung unter Abscheidung von Selen Fünffach-Schwefelkalium.

1% Schwefel macht das Selen etwas leichtflüssiger, röther und durchsichtiger; das Gemenge wird bei stärkerem Erhitzen dickflüssig, schwarz und undurchsichtig, nach einiger Abkühlung wieder dünnflüssiger, dunkelroth und durchscheinend. 1% Selen macht den Schwefel schmutzig pomeranzengelb.

C. Vom Tellur.

Symb. und Aequiv. Te = 64,250. Atomgew. 801,760 oder (H = 1,0) 128,50. Spec. Gewicht = 6,24. Spec. Wärme = 0,05155.

§. 253. Das Tellur findet sich nicht sehr häufig in der Natur theils gediegen, theils mit Blei, Wismuth, Silber und Gold und auch mit Schwefel verbunden, z. B. als Tellurwismuth ($2\,Bi_2Te_3$, Bi_2S_3) im Tellurbleierz, PbTe, im Tellursilbererz, AgTe, im Schrifterz (AgTe, $3\,AuTe_3$) im Weißtellurerz (AgTe, 3PbTe, $2\,Au_2Te$) und im Blättererz (SbS_3, $9\,PbS + PbS$, $AuTe_6$) theils oxydirt als tellurige Säure.

Das von Reichenstein beobachtete und von Klaproth als eigenthümlich bestätigte Tellur wird aus dem Tellurwismuth durch Glühen desselben mit kohlensaurem Kali und Oel, Digestion der erkalteten Masse mit luftfreiem Wasser und Zersetzung des gelösten Tellurkaliums durch einströmende atmosphärische Luft, aus den salzsauren Auflösungen anderer Tellurerze durch schwefelige Säure oder deren Salze abgeschieden und durch Destillation im sauerstofffreien Raum gereinigt.

§. 254. Das Tellur ist in silberweißen, metallglänzenden Nadeln krystallisirbar, durch Fällung oder Sublimation erhalten, braun und pulverig, und läßt, aus sehr verdünnten Lösungen des Tellurkaliums niedergeschlagen, das Licht mit blauer Farbe durchscheinen, ist sehr spröde und leicht pulverisirbar, leitet schlecht die Wärme, schmilzt schwieriger als Blei, aber leichter als Antimon, zieht sich beim Erkalten sehr stark zusammen, siedet erst über dem Erweichungspunkt des Glases und verflüchtigt sich in gelben, dem Chlor ähnlichen Dämpfen.

Das Tellur wird in physikalischer Beziehung den Metallen zugereihet.

§. 255. Das Tellur verbindet sich mit den meisten nicht metallischen (mit Ausnahme des Stickstoffes und Kohlenstoffes) und metallischen Stoffen theils unmittelbar, theils mittelbar, und verhält sich überhaupt wie der Schwefel und das Selen, indem es sowohl ein brennbarer, wie auch ein zündender Körper ist.

Tellur verbrennt beim starken Erhitzen an der Luft mit lebhaft blauer, grün-gesäumter Flamme zu telluriger Säure, Kalium in Tellurdampf mit der heftigsten Feuerentwicklung.

§. 256. Die Verbindungen des Tellurs mit den Metallen entsprechen häufig den Schwefel- und Selenmetallen und heißen im Allgemeinen Telluride; sie sind ebenfalls theils saurer, theils basischer Natur (Tellursäuren und Tellurbasen) und stellen unter einander verbunden die Tellursalze dar.

Die in der Natur vorkommenden Telluride (vergl. §. 253) enthalten oft auch Schwefelmetalle chemisch gebunden; die verschiedenen Verbindungsstufen des Tellurs mit einem und demselben Metalle können wie die Schwefelverbindungen durch Tellurüre, Tellureta, Telluride, Tellurida, und Supertelluride, Supertellurida, bezeichnet werden.

§. 257. Die künstlichen Tellurmetalle sind bis jetzt nur wenig bekannt; das Tellurkalium hat eine röthlich-weiße oder dunkle Kupferfarbe, ist spröde, von krystallinischem Bruch und unter der Rothglühhitze nicht schmelzbar; bei gehörigen Verhältnissen löst es sich ohne Gasentwicklung mit dunkelpurpurrother Farbe in Wasser; das Telluralumium, dessen Bildung unter der heftigsten Reaktion stattfindet, ist eine schwarze, metallische, zusammengesinterte, spröde Masse, zersetzt sich an der Luft, riecht nach Tellurwasserstoff und entwickelt dieses Gas mit Heftigkeit beim Einwerfen in Wasser. Tellurberyllium entsteht ohne Feuerentwicklung und verhält sich sonst wie Telluralumium.

Ueber die wasserhaltigen Tellurmetalle vergl. §. 267.

Tellur und Sauerstoff.

§. 258. Das Tellur kann sich unmittelbar mit Sauerstoff verbinden, wenn es an der Luft stark erhitzt wird, wobei es mit blauer, an den Kanten grüner Flamme zu einer weißen, gewöhnlich wegen eines Gehaltes an Selen nach Rettig riechenden Rauche zu telluriger Säure, TeO_2, verbrennt, welche bei weiterer Oxydation in Tellursäure, TeO_3, verwandelt wird.

Ein der unterschwefeligen Säure oder dem Selenoxyd entsprechendes Telluroxyd, TeO, hat bis jetzt noch nicht dargestellt werden können.

Tellurige Säure, Telluroxyd.

80,06 — 64,25 Tellur	1 Vol.	Tellurgas	
19,94 — 16,00 Sauerstoff	6 „	Sauerstoffgas	
100,00 — 80,25 tellurige Säure:	? Vol.	tellurigsaures Gas?	

Symb. und Aequiv. $TeO_2 = 80,25$. Atom. TeO_2.

§. 259. Die tellurige Säure bildet sich beim Verbrennen des Tellurs an der Luft unter Bildung eines weißen, schwach unangenehm säuerlich riechenden Dampfes, und bei der Behandlung des Tellurs mit Salpetersäure oder erhitzter Schwefelsäure unter Entwicklung von Stickstoffoxyd oder schwefeliger Säure.

Die tellurige Säure ist in zwei Modificationen bekannt; a TeO_2 wird erhalten, wenn die salpetersaure Lösung des Tellurs sich selbst überlassen oder gekocht wird, wobei sie sich krystallinisch abscheidet; b TeO_2 erhält man aus der frisch bereiteten salpetersauren Lösung durch viel Wasser von flockiger Beschaffenheit.

§. 260. Die a tellurige Säure bildet kleine Oktaëder, wird beim Erhitzen vorübergehend gelb, schmilzt in der Glühhitze, verdampft sehr schwierig, reagirt kaum sauer, schmeckt anfangs kaum, später unangenehm metallisch, und löst sich wenig in Wasser, Säuren, Aetzammoniak und kohlensauren, leicht in ätzenden Alkalien; die b tellurige Säure ist ein Hydrat, flockig, nach dem Trocknen erdig, röthet sogleich feuchtes Lakmus, hat einen scharf metallischen Geschmack, löst sich in Wasser und Säuren, und verwandelt sich bei 40° unter Abscheidung von Wasser in die krystallinische Modification. Die tellurige Säure wird schon bei niederer Temperatur durch Kohle unter Verpuffung, vor dem Löthrohr unter Brausen, grüner Färbung der Flamme und Verdampfung und Wiederverbrennung des Tellurs, aber erst bei der Temperatur des verdampfenden Tellurs und langsam durch Wasserstoffgas zersetzt.

Die Lösung der a tellurigen Säure in Wasser hat keinen Geschmack und reagirt nicht sauer, die der b tellurigen Säure schmeckt metallisch und reagirt sauer, wird bei 40° milchig und reagirt nach Abscheidung seiner Körner nicht mehr sauer.

§. 261. Die tellurige Säure bildet mit den basischen Oxyden die tellurigsauren Salze, Tellurites, welche auf 1 Aequiv. Basis 1, 2 oder 4 Aequiv. Säure enthalten; sie sind schmelzbar, erstarren beim Erkalten krystallinisch, die vierfach sauren glasartig, haben keine Farbe, wenn die Basis farblos ist, schmecken im löslichen Zustand metallisch, werden meist durch Kohle in der Glühhitze und zum Theil unter Verpuffung in Tellurmetalle verwandelt, und geben beim Glühen mit Kalium oder kohlensaurem Kali und Kohle mit weinrother Farbe in Wasser lösliches Tellurkalium; die Salze der Alkalien lösen sich leicht, die der erdigen Alkalien schwierig, die der Erden und schwereren Metalloxyde gar nicht in Wasser und fast alle und selbst in der Hitze ohne Entwicklung von Chlor in Salzsäure; die wässerigen Lösungen werden schon durch die Kohlensäure der Luft zersetzt und die salzsauren zeigen die Reaktionen der Telluroxydsalze (vergl. §. 262), insofern die Basis den Erfolg nicht abändert.

Man erhält die tellurigsauren Alkalien unmittelbar auf trocknem oder nassem Weg durch Zusammenschmelzen mit oder Lösen in reinem oder kohlensaurem Alkali, die übrigen Salze theils durch Zusammenschmelzen, theils durch doppelte Affinität.

§. 262. Die b tellurige Säure verbindet sich auch mit Säuren zu den Telluroxydsalzen, Sales tellurosi; diese sind farblos, wenn die Säure nicht gefärbt ist, von widrig metallischem, fast den Antimonsalzen ähnlichem Geschmack und stark brechenerregend, geben nach dem Glühen mit Kohle und Kali mit Wasser eine rothe Lösung und lassen bei Einwirkung von Phosphor, schwefeliger Säure, Zink, Zinn, Antimon, Eisen, Kupfer, Cadmium, Blei und Quecksilber, Zinnchlorür und schwefelsaures Eisenoxydul Tellur fallen. Die Auflösungen in mineralischen Säuren geben, wenn sie keinen zu großen Ueberschuß von Säure enthalten, beim starken Verdünnen mit Wasser theils das Hydrat der tellurigen Säure, theils ein basisches Salz, alle Lösungen mit reinen, einfach- und doppelt-kohlensauren Alkalien einen im Ueberschuß löslichen Niederschlag von Hydrat, phosphorsaures Natron einen weißen, Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium einen schwarzbraunen, aus Schwefeltellur bestehenden und im Ueberschuß von Schwefelammonium löslichen, essigsaures Bleioxyd und salpetersaures Quecksilberoxydul einen weißen, Kupferoxyd-Ammoniak einen graublauen und Galläpfeltinktur einen isabellgelben flockigen Niederschlag.

Man erhält die Telluroxydsalze durch Lösen des Hydrates in Säuren, das salpetersaure und schwefelsaure Salz durch Lösen des Metalles in der Säure.

Tellursäure.

72,8 — 64,25	Tellur	1 Vol.	Tellurgas
27,2 — 24,00	Sauerstoff	9 „	Sauerstoffgas
100,0 — 88,25	Tellursäure	? Vol.	Tellursäuregas?

Symb. und Aequiv. TeO_3 = 88,25. Atom. TeO_3.

§. 263. Die Tellursäure bildet sich beim Schmelzen der tellurigen Säure mit Salpeter, bei der Einwirkung von Chlor auf tellurigsaure Alkalien und beim Lösen des Tellurs in Königswasser.

Man erhält die Tellursäure krystallisirt durch Zersetzung des Baryt- oder Bleioxydsalzes mit Schwefelsäure oder Schwefelwasserstoff und Verdunsten des Filtrates.

§. 264. Die Tellursäure krystallisirt aus der wässerigen Lösung mit Wasser verbunden (TeO_3, 3 Aq.) in farblosen, großen, oft gestreiften, glattgedrückten, sechs- oder achtseitigen Säulen von nicht saurem, sondern metallischem Geschmack und schwach saurer Reaktion; die Krystalle lösen sich ziemlich leicht in Wasser und entlassen einen Theil des gebundenen Wassers beim Erhitzen bis zu 160°, Tellursäurehydrat (TeO_3, HO), hinterlassend, welches die Form der krystallisirten Säure hat, aber undurchsichtig und weiß, in der Hitze gelb ist, sich langsam, aber vollständig in kaltem Wasser löst und bei stärkerer nicht zum Glühen gesteigerter Hitze wasserfreie Tellursäure hinterläßt, die eine pomeranzengelbe Masse von der Form der Krystalle darstellt, sich selbst in kochendem Wasser nicht löst und durch stärkere Hitze in tellurige Säure und Sauerstoffgas, und durch erhitzte concentrirte Salzsäure langsam in salzsaures Telluroxyd und Chlorgas zersetzt wird, aber in kalter Salzsäure und heißer Salpetersäure unlöslich ist.

Die wässerige Lösung der krystallisirten Säure gesteht beim Verdunsten zur Syrupsdicke krystallinisch und hinterläßt beim Verdampfen zur Trockne eine milchweiße, amorphe Masse, die nach dem Erkalten mit Wasser zu durchscheinenden Flocken zerfällt und sich dann langsam löst; die wässerige Lösung läßt bei Zusatz von starkem Weingeist den größten Theil der gelösten Säure fallen und giebt bei der Sättigung mit Schwefelwasserstoff Schwefeltellur.

§. 265. Die Tellursäure bildet mit den basischen Oxyden die tellursauren Salze, Telluriates, hat aber nur wenig Affinität zu jenen und entzieht den kohlensauren Alkalien nur so viel Alkali, daß ein doppelt-kohlensaures Salz entsteht; es giebt drittel-, zweidrittel-, einfach- (neutrale), doppelt- und vierfach-saure tellursaure Salze, welche bei farbloser Basis farblos sind; die neutralen Alkalisalze schmecken ätzend alkalisch, die doppeltsauren sind ebenfalls von alkalischer Reaktion und haben neben einem alkalischen zugleich einen metallischen Geschmack; beim Glühen zerfallen sie unter Schmelzung, gelber und brauner Färbung in tellurigsaure Salze und Sauerstoffgas, werden meist auf der Kohle unter schwacher Verpuffung oder durch Glühen mit Kalium oder einem Gemenge von kohlensaurem Kali und Kohle in Tellurmetall verwandelt, und entlassen an die meisten Säuren ihre Basis; die salzsauren Lösungen sind farblos und nicht durch Wasser fällbar, werden aber durch Erhitzen unter Entwicklung von Chlor gelb und bei nicht zu großem Säureüberschuß durch Wasser fällbar, und geben mit schwefeliger Säure Tellur. Die Alkalisalze lösen sich um so leichter in

Wasser, je mehr sie Basis, die Erdalkalisalze um so mehr, je weniger sie Basis enthalten, und die übrigen Salze gar nicht oder einige mit Rücklassung eines basischen Salzes. Die Lösungen geben mit Barytsalzen erst einen voluminösen, dann körnigen, in Salzsäure und Salpetersäure löslichen Niederschlag.

Mehrere vierfach-tellursaure Alkalien, welche farblos und in Wasser löslich sind, werden bei nicht bis zum Glühen gesteigerter Erhitzung unter Verlust von Wasser gelb und dann in Wasser, wässerigen Säuren und Alkalien unlöslich, weßhalb Berzelius zwei allotropische Zustände der Tellursäure annimmt, einen unlöslichen in der wasserfreien Säure und den gelb gewordenen Salzen, und einen löslichen in der wasserhaltigen Säure und den gewöhnlichen tellursauren Salzen.

Tellur und Wasserstoff.

Tellurwasserstoff, Wasserstofftellurid, Hydrotellursäure.

98,45 — 64,25	Tellur	1 Vol.	Tellurgas
1,55 — 1,00	Wasserstoff	6 „	Wasserstoffgas
100,00 — 65,25	Tellurwasserstoff:	6 Vol.	Tellurwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. $TeH = 65,25$. Atom. $Te\mathbf{H}$ (TeH_2).

§. 266. Der Tellurwasserstoff bildet sich bei der Zersetzung der Tellurmetalle mit wässeriger Säure.

Tellurkalium, Tellurzink oder Tellureisen wird mit verdünnter Salzsäure übergossen und das sich entwickelnde Gas über Quecksilber aufgesammelt.

§. 267. Der Tellurwasserstoff ist ein farbloses Gas von 4,489 spec. Gewicht, hat einen eigenthümlich unangenehmen, dem Schwefelwasserstoff sehr ähnlichen Geruch, wirkt ungemein giftig, röthet anfangs Lakmus, löst sich mit blaßrother Farbe in Wasser, entzündet sich in Berührung mit Luft durch flammende Körper und verbrennt mit bläulicher Flamme zu Wasser und telluriger Säure, wird durch Chlor und erhitztes Zinn unter Abscheidung von Tellur und Wasserstoff oder unter Bildung von Tellurzinn zersetzt und giebt mit den meisten in Säuren gelösten schweren Metalloxyden Wasser und Tellurmetalle (vergl. §§. 256 und 257.), die, wenn sie in Wasser gelöst oder damit verbunden sind, als tellurwasserstoffsaure Salze, Hydrotelluriates, betrachtet werden können.

Die wässerige Lösung des Tellurwasserstoffes wird an der Luft braun und setzt dann Tellur ab.

Tellur und Salzzeuger.

Chlortellur.

§. 268. Das Tellur verbrennt bei gelinder Erwärmung in Chlorgas mit weißem Licht zu Tellursuperchlorid, $TeCl_2$, welches bei einem Ueberschuß von Tellur eine schwarze dicke Flüssigkeit bildet, die fortfährt, Chlor zu absorbiren und im reinen Zustand schneeweiß und von krystallinischem Gefüge ist, in der Hitze leicht und nahe beim Siedepunkt zu einer dunkelrothen Flüssigkeit schmilzt, die beim Erkalten wieder weiß wird, in starker Hitze unter Aufspritzen in einen dunkelgelben Dampf verwandelt wird, der sich an kälteren Stellen zu einem weißen, nicht krystallinischen Mehl verdichtet, durch die geringste Menge organischer Materie beim Schmelzen unter Bildung von Tellurchlorid gelb wird, an der Luft ungemein schnell zerfließt und später trübe wird, und mit kochendem Wasser eine klare Lösung giebt, die beim langsamen Erkalten größere Krystalle von telluriger Säure giebt; es läßt sich in jedem Verhältniß mit Tellur zusammenschmelzen und giebt

bei der Destillation mit seinem gleichen Gewicht Tellurpulver Tellurchlorid, TeCl, welches auch beim Leiten eines schwachen Stromes von Chlorgas über erhitztes Tellur oder Tellursäure gebildet wird; es ist schwarz nicht krystallinisch, von erdigem Bruch und gelbgrünem Pulver, leicht zu einer schwarzen Flüssigkeit schmelzbar und leichter als das Superchlorid in iodähnlichen, doch blässeren Dämpfen flüchtig, wird an der Luft feucht, giebt mit Wasser eine graue Flüssigkeit, die Tellur und tellurige Säure, mit schwefelsaurem oder salzsaurem Wasser bereitet aber nur Tellur fallen läßt, und scheidet auch beim Zusammentreffen mit Kalk oder kohlensaurem Natron ein Gemenge von Tellur und telluriger Säure ab. Es verbindet sich mit Chlorammonium, das Superchlorid auch mit den übrigen Chloralkalimetallen.

Die kochende Lösung des Superchlorides in Wasser setzt beim Erkalten neben telluriger Säure auch tellurigsaures Tellursuperchlorid in Krystallen ab; es zerfällt beim Erhitzen in Superchlorür und tellurige Säure.

Jodtellur.

§. 269. Beim Erhitzen von gleichen Aequivalenten Tellur und Jod sublimirt Telluriodid, TeI, in schwarzen, metallglänzenden, krystallinischen Flocken; es ist leicht schmelzbar und verdampfbar und hat nach dem Erkalten keinen krystallinischen Bruch, entläßt beim raschen Erhitzen einen Theil des Jodes und wird durch Digestion mit Salzsäure oder Ammoniak unter Abscheidung von Tellur zersetzt. Tellursuperiodid, TeI_2, erhält man durch Digestion von fein gepulverter telluriger Säure mit überschüssigem, wässerigem Jodwasserstoff als feine schwarze Körner oder eisengraue Säulen; es schmilzt in der Hitze und entläßt beim Kochen anfangs reines, dann tellurhaltiges Jod, zerfällt mit Wasser und verbindet sich mit mehreren Jodmetallen.

Tellurigsaures Tellursuperiodid bildet sich bei Einwirkung von Wasser auf Tellursuperiodid, dessen Form es behält, ist blaß grau-braun, sehr schwer und schmilzt schwierig beim Erhitzen, wobei es zersetzt wird.

Bromtellur.

§. 270. Tellur und Brom verbinden sich schon bei gewöhnlicher Temperatur unter Wärmeentwicklung. Tellurbromid, TeBr, bildet sich bei der Destillation eines Gemisches von Brom mit überschüssigem Tellur, als ein violetter Dampf übergehend, welcher sich in schwarzen Krystallnadeln verdichtet; ist leicht schmelzbar, nach dem Erkalten ohne besonderen Glanz und von nicht krystallinischem Bruch; wird durch Wasser zersetzt. Tellursuperbromid, $TeBr_2$, wird durch Eintragen von wenig Tellur in bis 0° abgekühltes Brom und Verdunsten des Ueberschusses desselben an der Luft als eine rothgelbe Masse erhalten, schmilzt bei schwacher Wärme zu einer dunkelrothen, durchsichtigen Flüssigkeit, welche beim Erkalten krystallinisch gesteht, und verwandelt sich bei stärkerer Hitze in einen gelben Dampf, der theils als gelbes Mehl, theils in blaßgelben Nadeln krystallisirt, zerfließt an der Luft und giebt mit wenig Wasser ohne Zersetzung eine gelbe Lösung, welche beim Verdunsten über Schwefelsäure dunkelrubinrothe, rhombische Tafeln giebt, die beim weiteren Eintrocknen ihr Wasser entlassen, und gelb und erdartig werden; es verbindet sich mit den Bromalkalimetallen zu zinnoberrothen Salzen.

Tellurigsaures Tellursuperbromid bildet sich bei der Zersetzung des Superbromides mit kochendem Wasser, ist gelb und körnig krystallinisch und zerfällt in der Hitze.

Fluortellur.

§. 271. Das Tellursuperfluorid, TeF_2, durch Erhitzung der

eingetrockneten Lösung der tellurigen Säure in Fluorwasserstoffsäure darzustellen, ist flüchtig, durchsichtig, in der Kälte fest, in der Wärme weich und halbflüssig, zerfließt leicht an der Luft und läßt auf Zusatz von Wasser tellurige Säure fallen.

Tellurigsaures Tellursuperfluorid erhält man durch Lösen der tellurigen Säure in Fluorwasserstoffsäure und stellt nach dem Verdunsten zur Syrupsconsistenz und Erkalten eine milchweiße, aus Wärzchen bestehende Masse dar, die bei starker Erhitzung Wasser, Fluorwasserstoffsäure und Tellursuperfluorid giebt und eine an telluriger Säure reichere, nach dem Erkalten körnig krystallinische Verbindung hinterläßt, welche an kochendes Wasser und bei der Einwirkung von Schwefelsäure Fluorwasserstoffsäure abgiebt.

Tellur und Schwefel.

§. 272. Tellur und Schwefel verbinden sich in mehreren Verhältnissen; Tellursulphür, TeS_2, bildet sich beim Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in ein Telluroxydsalz oder beim Aussetzen eines Zweifach-Schwefeltellurmetalles an die Luft, ist braunschwarz, unter dem Polirstahl metallglänzend und bleigrau, wird in der Hitze weich, ohne vollständig zu schmelzen, zerfällt bei stärkerer Erhitzung in überdestillirenden Schwefel und rückbleibendes Tellur, löst sich vollständig in den ätzenden fixen Alkalien, auch etwas in Ammoniak, und bildet mit basischen Schwefelmetallen die Zweifach-Schwefeltellurmetalle, Sulphotellurieta, von denen die der Alkalimetalle braungelb, im wasserhaltigen oder gelösten Zustand blaßgelb sind, in der Glühhitze bei abgehaltener Luft nicht zersetzt werden, auch im festen Zustand an der Luft ziemlich beständig sind, in Wasser gelöst aber unter Bildung von unterschwefeligsaurem Salz Tellursulphür fallen lassen, dieses auch bei Zusatz von Säuren abscheiden, und in Wasser und Weingeist löslich sind; die der schweren Metalle werden beim Glühen in verschlossenen Gefäßen meist zersetzt. Tellursulphid, TeS_3, scheidet sich bei längerer Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf in Wasser gelöste Tellursäure ab, ist schwarzgrau, metallglänzend und verbindet sich mit basischen Schwefelmetallen.

Schwefel und Tellur lassen sich in allen Verhältnissen zusammenschmelzen: Schwefel mit wenig Tellur ist gelbroth, mit mehr Tellur roth und bei auffallendem Licht schwarz und mit noch mehr Tellur undurchsichtig bleigrau; gleiche Theile zusammengeschmolzen (genau TeS_4) bildet eine bleifarbene strahlige Masse.

Auch Selen läßt sich in jedem Verhältniß mit Tellur zusammenschmelzen; die Verbindung findet unter Wärmeentwicklung statt und das gebildete Selentellur ist eisenschwarz, spröde, von krystallinischem Bruch, unter der Glühhitze schmelzbar und in verschlossenen Gefäßen ohne Zersetzung flüchtig.

XII—XIV. Vom Phosphor, Arsen und Antimon.

§. 273. Diese drei Stoffe bilden keine so deutlich ausgedrückte Gruppe, wie die Salzzeuger und Kieszeuger, indem sie in ihrem Aeußeren sehr unter einander abweichen, hingegen eine sehr große Uebereinstimmung in den Verbindungen äußern. Sie bilden mit Chlor (Brom, Jod, Fluor) und Schwefel zwei verschiedene Verbindungen, von denen sich die höhere gegen Chloride und Sulphide wie eine Säure verhält. Auch verbinden sich diese drei Stoffe mit anderen Metallen, welche Verbindungen aber den Kohlenstoffmetallen und gewöhnlichen Legierungen ähnlicher sind, als den Chloriden, Sulphiden u. s. w. Phosphor kommt im oxydirten Zustand häufig mit arseniger Säure, metallisches Arsen mit Antimon in den sog. Erzen vor, weßhalb diese Gruppe in

Beziehung auf beide letztere Stoffe die der Erzzeuger oder Erzbilder genannt werden kann.

Die wichtigsten Verbindungen dieser drei Stoffe, welche in der Constitution sich gleichen, sind:

	mit Sauerstoff:	
PO	AsO und	SbO? (Sb_3O_4!)
PO_3	AsO_3	SbO_3
PO_5	AsO_5	SbO_5.
	mit Wasserstoff:	
PH_3	AsH_3	SbH_3.
	mit Chlor:	
PCl_3	$AsCl_3$	$SbCl_3$
PCl_5	$AsCl_5$?	$SbCl_5$.
	mit Schwefel:	
PS_3	AsS_3	SbS_3
PS_5	AsS_5	SbS_5.

A. Vom Phosphor.

Symb. und Aequiv. $P = 31{,}436$. Atomengew. 196,143 oder 15,718. Doppelatom ($\mathbf{P}$ oder P_2) 392,286. Spec. Gewicht = 1,77 (als Dampf = 4,58). Spec. Wärme = 0,1887.
(Vergl. Bd. 3, S. 32—37.)

§. 274. Der Phosphor verbindet sich mit den meisten nicht metallischen und metallischen Stoffen theils unmittelbar und oft unter Feuererscheinung, theils mittelbar. Die Verbindungen mit den Metallen heißen Phosphormetalle, Phosphureta; sie sind fest, meist spröde, die der schweren Metalle zum Theil metallglänzend und unlöslich in Wasser, oxydiren sich leicht an der Luft, vorzüglich bei höherer Temperatur, und werden in basisch-phosphorsaure Salze verwandelt; die Verbindungen mit leichten Metallen zersetzen sich in Wasser unter Bildung von Phosphorwasserstoff und unterphosphoriger Säure.

Man erhält die Phosphormetalle theils unmittelbar und unter Feuererscheinung, theils durch Glühen phosphorsaurer Salze mit Kohle oder durch Einwirkung von Phosphorwasserstoff auf Metalloxyde.

Phosphor und Sauerstoff.

§. 275. Der Phosphor verbindet sich ungemein leicht mit Sauerstoff und bildet mit demselben, je nach den gegebenen Bedingungen, verschiedene Oxydationsstufen; er raucht schon bei niederer Temperatur an der Luft und verwandelt sich dabei in ein Gemenge von Phosphorsäure, PO_5, und phosphoriger Säure, PO_3; bis 75° erhitzt verbrennt er an der Luft mit heller, gelbweißer Flamme, in Sauerstoffgas mit blendend weißem Licht zu Phosphorsäure; bei unzureichendem Zutritt von Sauerstoffgas, z. B. unter Wasser, erhitzt und Sauerstoffgas darauf geleitet, verwandelt er sich in Phosphoroxyd, P_2O, und bei der Zersetzung von Phosphoralkalimetallen durch Wasser bildet sich unterphosphorige Säure, PO, welche sich mit dem gebildeten Metalloxyd verbindet.

Die rasche Verbrennung des Phosphors wird zuweilen bei niedriger Temperatur durch die langsame, aber auch durch Berührung mit verschiedenen pulverigen Substanzen, wie Kohle, Platinschwamm u. s. w., ferner durch Reibung, besonders in Berührung mit Phosphoroxyd oder chlorsaurem Kali (Phosphorfeuerzeuge und Streichzünder) eingeleitet.

Phosphoroxyd.

88,71 — 62,872	Phosphor	2 Vol.	Phosphorgas
11,29 — 8,000	Sauerstoff	1 „	Sauerstoffgas
100,00 — 70,872	Phosphoroxyd:	? Vol.	Phosphoroxydgas?

Symb. und Aequiv. $P_2O = 70{,}872$. Atom. P̶_2O (P_4O).

§. 276. Das Phosphoroxyd bildet sich beim Aufleiten von Sauerstoffgas auf unter kochendem Wasser schmelzenden Phosphor, beim Aussetzen des flüssigen Schwefelphosphors an die Luft, beim Leiten von Phosphor mit Wasser oder anderen Sauerstoffverbindungen durch glühende Röhren, beim Erhitzen des Phosphors mit Jodsäure oder Ueberiodsäure u. s. w. und in einer zweiten Modification bei Einwirkung der Luft und des Tageslichtes auf ein Gemenge von Phosphor und Phosphorchlorür.

Das auf erstere Weise erhaltene Phosphoroxyd wird durch Wasser von der gebildeten Säure und durch Schwefelkohlenstoff von dem unverbrannten Phosphor befreit; die zweite Modification wird durch Erhitzen mit Wasser bis auf 80° von der gebundenen Phosphorsäure getrennt.

§. 277. Die erste Modification des Phosphoroxydes ist zinnoberroth, schwer schmelzbar, erst in der Rothglühhitze entzündlich, ohne Geruch und Geschmack, nicht im Dunkeln leuchtend, unlöslich in Wasser, Weingeist, Aether und Oelen, und zerfällt beim Glühen in verschlossenen Gefäßen in Phosphor und Phosphorsäure; die zweite Modification fällt mit Wasser verbunden (P_2O, Aq.) nieder, verliert dieses beim Trocknen über Schwefelsäure, ist gelb, schwerer als Wasser, darin wenig löslich und von schwach saurer Reaction, zersetzt sich am Sonnenlicht und an feuchter Luft, entflammt mit Chlorgas, bildet mit Alkalien wenig in Wasser lösliche, schwarze Verbindungen, die durch Säuren wieder gelb werden, und verwandelt sich durch Erhitzen bis 300° in die rothe Modification.

Phosphorsaures Phosphoroxyd (ohngefähr $4\,P_2O$, $3\,PO_5$ oder P_2O_3) ist die gelbe Schicht, welche sich bei Einfluß des Sonnenlichtes und der Luft auf ein Gemenge von Phosphor und Phosphorchlorür bildet und nach der Reinigung eine pomeranzengelbe, leicht zu pulvernde, geruchlose und schwach sauer schmeckende, in frischem Zustand völlig in Wasser lösliche Masse darstellt; zerfällt für sich schon bei gewöhnlicher Temperatur und in der wässerigen Lösung bei 80° in Phosphor(oxyd-Hydrat) und Phosphorsäure.

Unterphosphorige Säure..

79,46—31,436	Phosphor	1 Vol.	Phosphorgas
20,54— 8,000	Sauerstoff	1 „	Sauerstoffgas
100,00—39,436	unterphosph. Säure:	? Vol.	unterphosphorigs. Gas?

Symb. und Aequiv. $PO = 39{,}436$. Atom. $\text{P̶}O$ (P_2O).

§. 278. Die von Dulong entdeckte unterphosphorige Säure bildet sich bei der Zersetzung der Phosphorerdalkalimetalle mit Wasser oder beim Kochen des Phosphors mit Kalkmilch, Barytwasser, wässeriger oder weingeistiger Kalilösung.

Man erhält die unterphosphorige Säure durch Zersetzung des Phosphorbaryums mit Wasser und des gebildeten Salzes mit Schwefelsäure und Verdunsten des Filtrates zur Syrupdicke, oder durch Kochen des Phosphors mit Barytwasser bis zur Lösung desselben, Fällung des Barytes mit Schwefelsäure, Schütteln des Filtrates mit überschüssigem Bleioxyd, Abscheidung des schwefelsauren Bleioxydes, Zersetzung des

in Wasser löslichen basischen Salzes durch Schwefelwasserstoff und Verdunsten.

§. 279. Die unterphosphorige Säure ist als Hydrat eine zähe, nicht krystallisirende, sehr saure, leicht in Wasser lösliche Flüssigkeit, welche bei der Erhitzung durch Zersetzung des Hydratwassers in selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas und Phosphorsäure zerfällt.

Die wässerige Lösung der unterphosphorigen Säure ist farblos und fällt aus den Lösungen des Goldes und Silbers die Metalle, aus Quecksilberchloridlösung je nach dem Verhältniß Quecksilberchlorür oder metallisches Quecksilber.

§. 280. Die unterphosphorige Säure bildet mit den basischen Oxyden die unterphosphorigsauren Salze, Subphosphites, welche meist krystallisirbar sind, und auf 2 Aequiv. Salz 3 Aequiv. Wasser enthalten. Sie zerfallen beim Erhitzen in Phosphorwasserstoffgas und phosphorsaures Salz, sind trocken luftbeständig, gehen im gelösten Zustand an der Luft, in phosphorsaure Salze über, bleiben in verschlossenen Gefäßen beim Kochen unverändert, werden aber bei Ueberschuß der Lösung an Alkali unter Entwicklung von Wasserstoffgas in phosphorige Salze verwandelt. Die unterphosphorigsauren Salze zerfließen an der Luft und lösen sich leicht in Wasser und Weingeist; die wässerige Lösung fällt nicht Baryt- oder Kalkwasser und schlägt nur bei starker Concentration und in der Hitze aus Kupferoxydsalzen das Metall nieder; mit Salzsäure vermischt fällt sie aus Quecksilberchlorid Chlorür oder Metall; salpetersaures Silber wird weiß, beim Erhitzen schnell schwarz werdend, und Chlorgold metallisch gefällt.

Man erhält die unterphosphorigsauren Salze unmittelbar aus der Säure und der Basis, oder durch Kochen des Phosphors mit wässerigen Alkalien, oder durch Zersetzung des Kalksalzes mit kohlensaurem oder schwefelsaurem Ammoniak, oder durch Kochen des Kalksalzes mit einem unlöslichen oxalsauren Salze.

Phosphorige Säure.

56,72 — 31,436	Phosphor	1 Vol. Phosphorgas
43,28 — 24,000	Sauerstoff	3 „ Sauerstoffgas
100,00 — 55,436	phosphorige Säure:	? Vol. phosphorigsaures Gas?

Symb. und Aequiv. $PO_3 = 55{,}436$. Atom. $\mathbf{P}O_3$ (P_2O_3).

§. 281. Die phosphorige Säure bildet sich bei der unvollkommenen Verbrennung des Phosphors entweder bei gewöhnlicher Temperatur oder in der Hitze bei künstlich vermindertem Luftzutritt; ferner beim Auflösen des Phosphors in erwärmter Salpetersäure und bei der Zersetzung des Phosphorchlorürs (PCl_3) durch Wasser.

Die wasserfreie phosphorige Säure erhält man durch Verbrennung des Phosphors in einer Röhre, in welche die atmosphärische Luft durch eine enge Oeffnung einströmen muß, die wasserhaltige durch Zersetzung des Chlorphosphors mit Wasser und Verdunsten des Wassers und der gleichzeitig gebildeten Salzsäure.

§. 282. Die wasserfreie phosphorige Säure bildet weiße, sehr voluminöse Flocken, ist im sauerstofffreien Raum ohne Veränderung flüchtig, hat einen knoblauchartigen Geruch und einen sauren, eigenthümlich stechenden Geschmack, röthet feuchtes Lakmuspapier, löst sich leicht in Wasser, Weingeist und einigen anderen organischen Flüssigkeiten, und wird beim Erhitzen an der Luft unter Entzündung in Phosphorsäure verwandelt. Die durch Verdunsten erhaltene wässerige Säure ist ein Hydrat (PO_3, 2 Aq.) und stellt

einen dicken, nicht krystallisirbaren Syrup dar, welcher bei mehr Wasser Krystalle (PO_3, 3 Aq.) giebt, die an der Luft zerfließen; die wässerige Säure zerfällt beim starken Erhitzen in nicht entzündliches Phosphorwasserstoffgas und Phosphorsäure, und giebt in gelöstem Zustand mit Eisen oder Zink in Berührung gebracht unter Entwicklung von Phosphorwasserstoffgas phosphorsaure Salze, mit schwefeliger Säure Phosphorsäure und Schwefelwasserstoff.

Die Lösung der phosphorigen Säure ist farblos und schlägt aus Chlorgold und salpetersaurem Silberoxyd die Metalle, aus Quecksilberchlorid Chlorür oder Metall nieder.

§. 283. Die phosphorige Säure bildet mit den salzfähigen Oxyden, zu denen sie jedoch nur eine geringe Affinität hat, die phosphorigsauren Salze, Phosphites, welche auf 1 Aequiv. Säure gewöhnlich 3, nach Rose aber meist nur 2 Aequiv. und einige nur 1 Aequiv. Basis enthalten und nicht wasserfrei zu existiren scheinen. Sie haben, wenn sie in Wasser löslich sind, einen scharfen und knoblauchartigen Geschmack, geben bei der Erhitzung Wasserstoffgas und phosphorsaures Salz, verbrennen dabei an der Luft mit Lichtschein oder Flamme, sind für sich luftbeständig, werden durch Salpetersäure, wässeriges Chlor und mehrere Metalloxyde, die sich dabei reduciren, in phosphorsaure Salze verwandelt, verpuffen in der Hitze mit chlorsauren und salpetersauren Salzen und verändern sich nicht beim Kochen mit Kali. Nur wenige Salze sind in Wasser löslich, werden es aber oft durch einen Ueberschuß an Säure; die wässerige Lösung giebt mit Kalk- und Barytwasser, mit den Salzen der erdigen Alkalien, Erden und schweren Metalloxyde theils schon bei gewöhnlicher Temperatur, theils bei zu großer Verdünnung in der Wärme Niederschläge und fällt in der Siedhitze Quecksilberchlorid als Chlorür und Kupferchlorid, salpetersaures Silberoxyd oder Chlorgold metallisch.

Man erhält die phosphorigsauren Salze theils durch Zusammenbringen der Säure und Basis, theils durch doppelte Affinität aus phosphorigsauren Alkalien und den löslichen Salzen anderer Basen.

Phosphorsäure (vergl. Bd. 3, S. 177—185).

44,0	— 31,436 Phosphor	1 Vol.	Phosphorgas
56,0	— 40,000 Sauerstoff	5 „	Sauerstoffgas
100,0	— 71,436 Phosphorsäure:	? Vol.	Phosphorsäuregas?

Symb. und Aequiv. PO_5 = 71,436. Atom. $\text{P̶}O_5$ (P_2O_5)

§. 284. Die Phosphorsäure bildet sich außer in den Bd. 3, S. 177 angegebenen Fällen auch aus den niederen Oxydationsstufen des Phosphors und deren Verbindungen mit basischen Oxyden durch Erhitzung derselben an der Luft oder durch Behandlung mit oxydirend wirkenden Substanzen.

Darstellung vergl. a. a. O.

§. 285. Die durch Verbrennung des Phosphors erhaltene wasserfreie Phosphorsäure bildet schneeweiße Flocken oder eine glasige Masse, schmilzt in der Rothglühhitze, ist in der Weißglühhitze flüchtig, ohne Geruch und von rein saurem Geschmack, röthet stark Lakmus, zieht ungemein begierig Feuchtigkeit an und löst sich unter Zischen und Wärmeentwicklung in Wasser; sie wird in der Glühhitze durch Kohle unter Abscheidung von Phosphor, und durch Kalium und Natrium unter Feuerentwicklung, durch Zink, Eisen und einige andere Metalle unter Bildung von Phosphormetall und reinem oder phosphorsaurem Metalloxyd zersetzt.

Die wässerige Lösung der Phosphorsäure giebt mit den wässerigen Lösungen der erdigen Alkalien weiße Flocken, die sich im Ueberschuß der Säure lösen.

§. 286. Die Phosphorsäure bildet drei verschiedene Modificationen, die sich entweder nur durch den Wassergehalt unterscheiden, oder isomere oder

polymere Formen sind. Die bei der raschen Verbrennung des Phosphors sich bildende Säure ist a Phosphorsäure oder Metaphosphorsäure, aPO_5; sie verbindet sich mit 1 Aequiv. Wasser (zu Metaphosphorsäurehydrat) oder Basis und geht bei 2 Aequiv. Wasser oder Basis, besonders bei höherer Temperatur, in b Phosphorsäure oder Pyrophosphorsäure, bPO_5, und bei 3 und mehreren Aequiv. Wasser oder Basis in c Phosphorsäure oder gewöhnliche Phosphorsäure, cPO_5, über. Beide letzteren, die nur in Verbindung mit Wasser oder Basen bekannt sind, verwandeln sich durch Entziehung von Wasser oder Basis wieder in die Metaphosphorsäure.

Metaphosphorsäure- oder a Phosphorsäurehydrat (aPO_5, Aq.) wird erhalten, wenn irgend eine Phosphorsäurelösung in einem Platintiegel so lange erhitzt wird, bis kein Wasser mehr verdunstet; nach dem Erkalten bildet es ein wasserhelles Glas, welches in der Rothglühhitze als Ganzes verdampfbar ist, an der Luft zerfließt, beim Uebergießen mit Wasser mit Heftigkeit zerspringt und sich langsam darin löst. Die wässerige Lösung, welche auch durch Fällung des metaphosphorsauren Natrons mit essigsaurem Blei und Zersetzung des Bleisalzes mit Schwefelwasserstoff erhalten wird, fällt Kalilauge, Chlorbaryum und Chlorcalcium, salpetersaures Silberoxyd und Eiweißlösung weiß und geht bei mehrtägigem Stehen oder beim Kochen mit Verlust dieser Eigenschaften sogleich in die Lösung der c Phosphorsäure über.

Pyrophosphorsäure- oder b Phosphorsäurehydrat (bPO_5, 2 Aq.) entsteht durch Verdampfen der wässerigen Lösung der c Phosphorsäure in einer Platinflasche, bis die Temperatur auf 213° gestiegen ist, und bildet undurchsichtige, undeutliche, dem Krümelzucker ähnliche Krystalle; eine wässerige Lösung derselben, welche wie die der Metaphosphorsäure durch Zersetzung des pyrophosphorsauren Natrons gewonnen wird, fällt salpetersaures Silberoxyd weiß und erdig, aber nicht Eiweißlösung, Chlorbaryum und Chlorcalcium, und hält sich lange unverändert, geht aber beim Kochen in eine Lösung der c Phosphorsäure über.

Gewöhnliche Phosphorsäure- oder c Phosphorsäurehydrat (PO_5, 3Aq.) wird beim Verdunsten der Lösung bis zur dünnen Syrupsdicke und ruhiges Hinstellen in wasserhellen, harten und spröden, geraden, vierseitigen und breitgedrückten sechsseitigen Säulen erhalten, verliert erst bei 160° langsam Wasser, geht bei 213° in b Phosphorsäurehydrat über, verdampft beim Erhitzen in einer offenen Platinschale vollständig und fällt in der wässerigen Lösung Baryt-, Strontian- und Kalkwasser und essigsaures Bleioxyd weiß und salpetersaures Silberoxyd bei Zusatz von etwas Ammoniak lebhaft gelb, aber nicht Chlorbaryum, Chlorcalcium und Eiweißlösung.

§. 287. Die Phosphorsäure bildet mit den basischen Oxyden, zu denen sie eine große Affinität hat, die phosphorsauren Salze, Phosphates, welche 1, 2 oder 3 Aequiv. Basis (vergl. unten und §. 286) enthalten. Im Allgemeinen sind die phosphorsauren Salze feuerbeständig und schmelzen leicht zu glasigen Massen (das Bleisalz schmilzt zu einer gelbgrünen, beim Erkalten facettenartig erstarrenden Perle); durch Kohle werden die Alkalisalze nur bei Gegenwart von Kieselerde in der Glühhitze zersetzt, die übrigen aber theils in Metalloxyd und Phosphor, theils in Metall und Phosphor, theils in Phosphormetall und Phosphor zersetzt; mit Kalium erhitzt geben sie Phosphorkalium, mit Borsäure geschmolzen und mit Eisen in Berührung gebracht Phosphoreisen; beim Schmelzen mit Kalihydrat oder Kochen mit Kalilauge geben die in Wasser unlöslichen, phosphorsauren Salze entweder fast alle

(phosphorsaure Magnesia, Ceroxydul, Chromoxyd, Manganoxydul, Eisenoxyd, Nickeloxyd) oder gar keine (drittel-phosphorsaurer Kalk) Phosphorsäure ab. Alle Salze werden durch Schwefelsäure zersetzt. Die Alkalisalze sind sämmtlich in Wasser löslich, die übrigen nur wenig, alle leicht in überschüssiger Phosphorsäure, in Salzsäure und Salpetersäure; die wässerigen Lösungen geben mit Silbersalzen einen weißen oder gelben, mit Kalk- oder Bleisalzen einen weißen Niederschlag.

Die metaphosphorsauren Salze, Metaphosphates, enthalten auf 1 Aequiv. Säure 1 Aequiv. Basis und bilden sich beim Zusammenbringen der wässerigen Säure mit der Basis, oder beim Glühen der Pyrophosphorsäure und gewöhnlicher Phosphorsäure mit 1 Aequiv. Basis. Die löslichen Salze reagiren schwach sauer und fällen Chlorbaryum in gallertartigen Flocken (die beim mehrstündigen Kochen mit Wasser in drittel-c phosphorsauren Baryt verändert werden) viele Erd- und Metallsalze als flüssige Hydrate, bei großer Verdünnung auch nur schleimig, und salpetersaures Silberoxyd weiß.

Die pyrophosphorsauren Salze, Pyrophosphates, enthalten auf 1 Aequiv. Säure entweder 2 Aequiv. Basis (halb-pyrophosphorsaure Salze), oder 1 Aequiv. Basis und 1 Aequiv. Wasser (einfach-pyrophosphorsaure Salze), und bilden sich beim Sättigen der wässerigen Lösung mit der Basis und beim Glühen der Metaphosphorsäure und gewöhnlichen Phosphorsäure mit 2 Aequiv. Basis. Die halb-pyrophosphorsauren Salze reagiren schwach sauer und fällen, wie die einfach-sauren, Chlorbaryum und salpetersaures Silberoxyd weiß, letzteres als kalkiges Pulver.

Die gewöhnlichen phosphorsauren Salze, Phosphates, enthalten auf 1 Aequiv. Säure entweder 3 Aequiv. Basis (drittel-phosphorsaure Salze), oder 2 Aequiv. Basis und 1 Aequiv. Wasser (halb-phosphorsaure Salze), oder 1 Aequiv. Basis und 2 Aequiv. Wasser (einfach-phosphorsaure Salze); sie entstehen beim Sättigen der wässerigen Säure mit der Basis und beim Glühen der Metaphosphorsäure und Pyrophosphorsäure mit 3 oder mehreren Aequiv. Basis. Die drittel-phosphorsauren Salze reagiren alkalisch und werden beim Glühen nicht verändert, die halb-phosphorsauren Salze, welche mitunter neben Wasser zwei Basen enthalten, sind schwach sauer und gehen beim Glühen in pyrophosphorsaure Salze über, und die einfach-phosphorsauren Salze reagiren stark sauer und werden beim Glühen in metaphosphorsaure Salze verwandelt. Alle löslichen phosphorsauren Salze fällen ein Gemische aus schwefelsaurer Magnesia, Salmiak und Ammoniak weiß, Silbersalze gelb und Bleisalze weiß, die drittel- und halbphosphorsauren auch Chlorbaryum, das aber nicht durch die einfach-sauren Salze gefällt wird; auch fällen sie Kalk- und Barytwasser; die in Wasser unlöslichen phosphorsauren Salze lösen sich alle in Salpetersäure, meist auch in Essigsäure, und etwas in Ammoniaksalzen, werden aber aus den sauren und meist auch aus den Ammoniaksalzlösungen durch Ammoniak wieder gefällt; die salpetersauren, nicht zu viel Säure enthaltenden Lösungen werden durch Bleisalze weiß und Silbersalze gelb und noch reichlicher durch diese Salze bei theilweiser Sättigung durch Ammoniak gefällt.

Phosphor und Wasserstoff.

§. 288. Phosphor und Wasserstoff verbinden sich nur dann, wenn beide Stoffe im Momente ihrer Abscheidung aus anderen Verbindungen zusammentreffen; die Verbindung kann in zwei Verhältnissen statt finden, nämlich als Phosphorhydrür, PH, und als Phosphorwasserstoffgas, PH_3.

Das Phosphorhydrür oder der feste Phosphorwasserstoff, PH, bildet sich bei Zersetzung des Phosphorkaliums mit Wasser, beim Aufbewahren der gasförmigen Verbindung am Tageslicht, oder beim Einleiten von wenig Kohlensäure und Chlor in Phosphorwasserstoffgas; ist pulverig oder flockig, gelb oder grünlich-gelb, ohne Geschmack und von phosphorartigem Geruch, leuchtet nicht im Dunkeln, entzündet sich bei 150°, auch beim Befeuchten mit Salpetersäure, zerfällt im sauerstofffreien Raum erst über 175° in seine Bestandtheile, löst sich nicht im Wasser und Weingeist, aber in verdünnter Salpetersäure, zersetzt sich unter ausgekochtem Wasser am Sonnenlicht unter Entwicklung von Wasserstoffgas und Bildung von Säure, reducirt Kupfer- und Silberlösungen und giebt mit Chlor zusammengebracht Chlorphosphor und Salzsäure.

Phosphorwasserstoff.

91,29	—	31,436 Phosphor	1 Vol.	Phosphorgas
8,71	—	3,000 Wasserstoff	6 „	Wasserstoffgas
100,00	—	34,436 Phosphorwasserstoff:	4 Vol.	Phosphorwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. PH_3 = 34,436. Atom. $\mathbf{PH}_3$ (P_2H_6).

§. 289. Der Phosphorwasserstoff kommt in zwei Zuständen vor, nämlich als leicht entzündliches und als schwer entzündliches Phosphorwasserstoffgas; ersteres, welches zuweilen in der Natur als Ursache der Irrwische vorzukommen scheint, bildet sich bei der Zersetzung der Phosphoralkalimetalle mit Wasser, beim Erhitzen des Phosphors mit wässerigen ätzenden Alkalien, bei Behandlung des Phosphoreisens, Phosphorzinks und Phosphorzinns mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, beim Erhitzen der unterphosphorigsauren Salze und beim Faulen phosphorhaltiger organischer Körper, letzteres beim Erhitzen der wasserhaltigen phosphorigen und unterphosphorigen Säure, beim Lösen von Zink und Eisen in phosphoriger Säure, beim Kochen des Phosphors mit weingeistiger Kalilösung und bei der Zersetzung des Phosphorcalciums mit concentrirter Salzsäure.

Das leicht entzündliche Phosphorwasserstoffgas wird entweder durch Uebergießen eines Phosphoralkalimetalles mit Wasser, oder durch Kochen von 1 Th. Phosphor mit 2 Th. concentrirter Kalilauge, oder durch Erhitzung von 1 Th. Phosphor mit 16 Th. Kalkhydrat und 4 Th. Wasser, das schwer entzündliche Phosphorwasserstoffgas aber durch Erhitzen der wasserhaltigen phosphorigen oder unterphosphorigen Säure, oder durch Behandlung des Phosphorcalciums mit concentrirter Salzsäure erhalten und das Gas über ausgekochtem Wasser oder Quecksilber aufgesammelt.

§. 290. Beide Arten des Phosphorwasserstoffgases sind farblos und von 1,185 spec. Gewicht, riechen wie faule Fische, sind nicht athembar, wirken nicht auf Pflanzenfarben, lösen sich etwas in Wasser, Weingeist, Aether und ätherischen Oelen, verhalten sich zum Theil gleichsam basisch, indem sie sich dem Ammoniak analog mit Bromwasserstoff, Jodwasserstoff und einigen Chlormetallen (wie Alumiumchlorid, Titanchlorid, Zinnchlorid und Antimonchlorür) verbinden, unterhalten nicht das Verbrennen und entzünden sich an der Luft entweder von selbst oder bei der Erhitzung.

Die Verbindung eines Phosphorwasserstoffes mit Zinnchlorid giebt beim Uebergießen mit Wasser schwer entzündliches, beim Uebergießen mit Ammoniakflüssigkeit leicht entzündliches Phosphorwasserstoffgas; letzteres bildet sich aus schwer entzündlichem Gas, wenn dieses mit sehr wenig salpetriger Säure vermischt wird, und leicht entzündliches wird in schwer entzündliches verwandelt, wenn man jenes mit etwas Dampf von

Aether oder ätherischen Oelen, mit 5 Vol. Wasserstoffgas, 3 Vol. Stickstoffgas, 2 Vol. Kohlensäure, 1 Vol. ölbildendem Gas, 1/2 Vol. Schwefelwasserstoffgas oder einer sehr geringen Menge Ammoniakgas vermischt oder einige Zeit mit Kalium, Kaliumamalgam, Quecksilberoxydul, arseniger Säure, Arsensäure, concentrirter Schwefelsäure, frisch geglühter Holzkohle, Thon, lufthaltigem Gyps u. s. w. in Berührung läßt.

§. 291. Das Phosphorwasserstoffgas zerfällt durch anhaltendes Elektrisiren (das schwer entzündliche unter vorhergehender Bildung von leicht entzündlichem) in seine Bestandtheile, giebt in engen Röhren mit Sauerstoffgas gemengt oder in Berührung mit lufthaltigem Wasser ohne Entzündung phosphorige Säure und Wasserstoffgas, mit Chlor unter glänzend grün-weißer Entflammung Salzsäure und Chlorphosphor, mit Brom unter Wärmeentwicklung Phosphor und Bromwasserstoff, mit Jod Jodphosphor und Jodwasserstoff, und mit erhitztem Schwefel Schwefelwasserstoff und Schwefelphosphor, entläßt an viele Metalle in der Hitze unter Abscheidung von Wasserstoff den Phosphor, Phosphormetalle bildend, wird durch Phosphoroxyd, schwefelige Säure, Schwefelsäure, Chlorwasser, unterchloriger Säure und deren Salze, Stickstoffoxydul, Stickstoffoxyd, Salpetersäure, Arsensäure, schwere Metalloxyde und deren Lösungen in Säuren zersetzt und bildet mit mehreren Chlormetallen bei gelinder Erwärmung entweder Salzsäure und Phosphormetall, oder bloß Salzsäure unter Abscheidung von Phosphor und Metall, mit Chlorphosphor unter Abscheidung von Phosphor Salzsäure und bloß mit den Lösungen der Kupfer- und Quecksilberoxydsalze Phosphormetalle und Wasser.

Die verschiedene Entzündlichkeit des Phosphorwasserstoffes wird von einigen Chemikern durch verschiedene allotropische Zustände des in ihm enthaltenen Phosphors, von anderen der Beimengung eines noch nicht isolirten Zweifach-Phosphorwasserstoffes (PH_2), welcher durch die §. 290 angeführten Substanzen in Phosphorhydrür und Phosphorwasserstoff zerfällt, zugeschrieben.

Phosphor und Stickstoff.

§. 292. Phosphor und Stickstoff wirken nicht auf einander; wird aber die Ammoniakverbindung des Phosphorsuperchlorürs oder Phosphorsuperbromürs lange Zeit in einem Strom von Kohlensäuregas geglüht, oder wird über bis zum Verdampfen erhitzten Salmiak Phosphorsuperchlorür geleitet, so erhält man Phosphorstickstoff, PN_2, als ein blendendweißes, sehr lockeres Pulver; er ist bei abgehaltener Luft in der Rothglühhitze feuerbeständig und unschmelzbar, ohne Geruch und Geschmack, unlöslich und unveränderlich in verdünnten Säuren und Alkalien, wird durch Erhitzen an der Luft oder durch kochende Salpetersäure langsam zu Phosphorsäure oxydirt, löst sich in Schwefelsäure unter Bildung von Phosphorsäure und schwefeliger Säure, verpufft heftig beim Erhitzen mit salpetersauren Salzen und chlorsaurem Kali, giebt mit Kalihydrat oder Barythydrat erhitzt unter Feuerentwicklung Stickstoffgas, Wasserstoffgas, Ammoniak und phosphorsaures Salz, zerfällt beim Glühen mit Wasserstoffgas in Phosphor und Ammoniak, bildet beim Glühen mit Schwefelwasserstoff eine eigenthümliche Verbindung und wird nicht durch Glühen mit Schwefel oder in Chlorgas zersetzt.

Wird Phosphorsuperchlorid mit Ammoniakgas gesättigt und dann die gebildete Verbindung hinter einander mit Wasser, kochender Kalilauge, verdünnter Salpetersäure und Wasser behandelt, so hinterbleibt Phosphorstickstoffhydrat (PN_2, 2Aq.) als ein weißes Pulver, welches

in der Hitze Ammoniak entwickelt und beim Glühen mit Kupfer Ammoniak, Phosphorkupfer und phosphorsaures Kupferoxydul giebt.

Phosphor und Salzzeuger.

Chlorphosphor.

§. 293. Der Phosphor entzündet sich schon bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas und verbrennt mit blassem, grünlichem Lichte und unter Funkensprühen. Phosphorsuperchlorür, PCl_3, bildet sich beim Leiten von trocknem Chlorgas über Phosphor oder beim Leiten von Phosphordämpfen über erhitztes Chlorquecksilber, ist wasserhell, sehr dünnflüssig und von 1,45 spec. Gewicht, siedet bei 78°, riecht durchdringend der Salzsäure ähnlich, röthet nicht trocknes Lakmus, raucht stark an der Luft, verbrennt als Dampf an der Kerzenflamme, bildet mit Wasser unter Erwärmung Wasser und phosphorige Säure, mit glühendem Eisen Chloreisen und Phosphoreisen, mit Phosphorwasserstoff Salzsäure und Phosphor, und mit Schwefelwasserstoff unter Erwärmung Salzsäure und Schwefelphosphor, und verbindet sich mit Ammoniak zu einem weißen, herbe schmeckenden Pulver. Phosphorsuperchlorid, PCl_5, bildet sich beim Verbrennen des Phosphors in einer größeren Menge Chlor oder bei Einwirkung von Chlor auf das Superchlorür, ist schneeweiß, pulverig-krystallinisch, bei verstärktem Druck schmelzbar und dann beim Erkalten in durchsichtigen Säulen krystallisirbar, unter 100° flüchtig und an der Luft rauchend, röthet trocknes Lakmus, verbrennt an der Flamme, bildet mit Wasser unter heftiger Erhitzung Salzsäure und Phosphorsäure, mit wenig Phosphorwasserstoff Salzsäure und Superchlorür, mit mehr Salzsäure und Phosphor, mit Schwefelwasserstoff Salzsäure und Chlorschwefelphosphor, und mit Metalloxyden Chlormetall und phosphorsaures Salz und scheint sich mit Ammoniak zu verbinden.

Wird Phosphorsuperchlorür mit so viel Phosphor in Berührung gebracht, als es in der Wärme zu lösen vermag, so erhält man eine Flüssigkeit, welche auf damit befeuchtetem Papier sich entzündet, am Tageslicht Phosphoroxydhydrat, im Sonnenlicht rothes Oxyd absetzt, und mit Wasser in Salzsäure, phosphorige Säure und farblosen, chlorhaltigen Phosphor zerfällt.

Bromphosphor.

§. 294. Phosphor in kleinen Portionen in Brom geworfen, verursacht unter Feuerentwicklung gefährliche Explosionen und bildet damit zwei verschiedene Verbindungen. Phosphorsuperbromür, PBr_3, wird durch vorsichtiges Eintragen von Phosphor in Brom und Destillation des Gemisches, oder durch Leiten von Phosphordampf über erhitztes Bromquecksilber erhalten; ist wasserhell, dünnflüssig, bei — 12° nicht fest, sehr flüchtig und von dem stechenden Geruch des Bromwasserstoffes, röthet Lakmus, raucht stark an der Luft und gibt mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung phosphorige Säure und Bromwasserstoff, mit Chlor Chlorphosphor und Brom. Phosphorsuperbromid, PBr_5, bildet sich beim Zusammenbringen von Brom mit wenig Phosphor und bei der Einwirkung von Brom auf Superbromür, ist citronengelb und fest, bildet nach dem Schmelzen rhomboidale, nach dem Sublimiren nadelförmige Krystalle, schmilzt in der Wärme zu einer rothen Flüssigkeit, die in rothen Dämpfen verdunstet, bildet an der Luft dicke, stechend riechende Nebel und giebt mit Wasser Phosphorsäure und Bromwasserstoff, mit Chlor Chlorphosphor und Brom, mit erhitzten Metallen Brom- und Phosphormetalle, und mit Kupferoxyd oder Quecksilberoxyd Brommetall und phosphorsaures Salz.

Phosphorsuperbromür gibt mit Phosphor in der Wärme eine Lösung, die sich wie die des Phosphor in Superchlorür verhält.

Jodphosphor.

§. 295. Phosphor und Jod verbinden sich schon bei gewöhnlicher Temperatur unter Wärmeentwicklung; die verschiedenen Verbindungen sind dunkelgrau, krystallinisch, schmelzbar und flüchtig, und geben mit Wasser phosphorige Säure und Jodwasserstoff, zum Theil auch Phosphorwasserstoff.

Phosphorsuperfluorür, PF_3, wird durch Destillation von Fluorblei mit Phosphor erhalten und bildet eine farblose, rauchende Flüssigkeit.

Phosphor und Kieszeuger.

Schwefelphosphor.

§. 296. Phosphor und Schwefel vereinigen sich in allen Verhältnissen unter starker Feuerentwicklung und Explosion; man kennt bis jetzt vier feste Verbindungen. Phosphorsubsulphür, P_2S, wird durch Zusammenschmelzen in ausgekochtem Wasser unter 100° erhalten und stellt eine wasserhelle, nicht sehr bewegliche Flüssigkeit dar, die unter 0° in Nadeln krystallisirt, an der Luft raucht und sich nach dem Auftröpfeln auf poröse Zeuge entzündet; wird Phosphorsulphür bei höherer Temperatur der Einwirkung einer stärkeren Schwefelbase ausgesetzt, so entsteht ein zinnoberrothes Pulver, welches bei der Destillation das flüssige Subsulphür giebt. Phosphorsulphür, PS, wird durch Zusammenschmelzen von gleichen Aequivalenten Phosphor und Schwefel unter 100° erhalten, ist eine klare, blaßgelbe Flüssigkeit, welche minder leicht erstarrt und an der Luft raucht. Wird es mit Schwefelmangan in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas erhitzt, so bildet sich eine Verbindung von Schwefelmangan und Phosphorsulphür, welche bei der Zersetzung mit Salzsäure das Phosphorsulphür als ein brandgelbes Pulver zurückläßt, das sich erst bei 80° entzündet und bei der Destillation wieder in die flüssige Modification übergeht. Phosphorsupersulphür, PS_3, bildet sich bei der Sublimation des Sulphürs mit Schwefel, ist fest, blaßgelb, ohne Krystallisation, nicht rauchend und nicht leuchtend, oxydirt sich schnell an feuchter Luft und löst sich leicht in ätzenden Alkalien, aus denen es durch Säuren wieder gefällt wird. Phosphorsupersulphid, PS_5, wird durch Sublimation des rothen Sulphürs mit mehr Schwefel erhalten, bildet prismatische, gestreifte, blaßgelbe, durchsichtige Krystalle und verbindet sich mit starken Schwefelbasen, wird aber durch Alkalien vollkommen zersetzt.

Selenphosphor. Phosphor und Selen lassen sich bei der Temperatur des schmelzenden Phosphors in allen Verhältnissen mischen; selenreicher Phosphor bildet eine dunkelbraune, glänzende, leicht schmelzbare Masse von muschligem Bruch, und selenarmer Phosphor giebt bei der Destillation eine Verbindung in rothen, durchscheinenden Tropfen, die beim Erkalten bräunlich-gelb und krystallinisch sind.

Tellurphosphor ist unbekannt.

B. Vom Arsen.

Symb. und Aequiv. As = 75,329. Atomengew. 470,042 oder 37,664. Doppelatom (As oder As_2) 940,084. Spec. Gewicht = 5,70. Spec. Wärme = 0,0814.

(Vergl. Bd. 3, S. 64 und 65.)

§. 297. Das Arsen verbindet sich mit den meisten nichtmetallischen und metallischen Stoffen theils unmittelbar und unter Feuererscheinung, theils mittelbar. Die Verbindungen mit den Metallen heißen Arsenmetalle,

Arseniurela; sie sind meist metallglänzend, aber spröder und leichter schmelzbar, als die reinen Metalle, entlassen beim Erhitzen an der Luft nicht alles Arsen und werden, mit Ausnahme der Verbindungen mit den leichten Metallen, nicht durch Wasser verändert, während diese dabei Arsenwasserstoff und arsenige Säure geben.

Man erhält die Arsenmetalle theils unmittelbar, theils mittelbar wie die Phosphormetalle (vergl. §. 274).

Arsen und Sauerstoff.

§. 298. Das Arsen verbindet sich schon bei gewöhnlicher Temperatur allmälig mit Sauerstoff zu Arsenoxyd, AsO; wird es an der Luft bis zum Verdampfen erhitzt, so entstehen weiße, im Dunkeln leuchtende Dämpfe und verbrennt bei stärkerer Erhitzung mit blaßblauer Flamme zu arseniger Säure, AsO_3, die durch oxydirend wirkende Substanzen in Arsensäure, AsO_5, verwandelt wird.

Arsenoxyd, AsO, bildet sich beim Aussetzen des Arsens an die Luft, wobei dieses pfauenschwanzartig anläuft und sich nach und nach mit einem schwarzen Pulver bedeckt, mitunter auch gänzlich dazu zerfällt; es ist braunschwarz, flüchtiger als das Arsen, aber weniger flüchtig als die arsenige Säure, in knoblauchartig, dem Phosphor ähnlich riechenden Dämpfen, zerfällt beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen in verdampfende arsenige Säure und zurückbleibendes Metall, und giebt bei Behandlung mit heißer Salzsäure unter Zurücklassung von Metall eine Lösung von arseniger Säure.

Arsenige Säure (vergl. Bd. 3, S. 233—260).

75,84	— 75,329 Arsen	1 Vol.	Arsengas
24,16	— 24,000 Sauerstoff	3 „	Sauerstoffgas
100,00	— 99,329 arsenige Säure:	1 Vol.	arsenigsaures Gas.

Symb. und Aequiv. $AsO_3 = 99{,}329$. Atom. AsO_3 (As_2O_3).

§. 299. Die arsenige Säure bildet sich außer in den Bd. 3, S. 233 angegebenen Fällen bei längerer Einwirkung von Wasser und Luft auf metallisches Arsen, beim Kochen desselben mit lufthaltigem Wasser, beim gelinden Schmelzen des Arsens mit Kalihydrat, oder beim Lösen in kochender Schwefelsäure oder verdünnter Salpetersäure.

Die arsenige Säure wird gewöhnlich aus arsenhaltigen Erzen durch Rösten in besonderen Oefen, aus welchen der Rauch in lange, horizontale Rauchfänge oder durch verschiedene Kammern zu Verdichtung geleitet wird, dargestellt und durch Sublimation mit wenig Pottasche gereinigt.

§. 300. Die arsenige Säure hat eine schwache Affinität zu den basischen Oxyden und bildet mit denselben die arsenigsauren Salze, Arseniites; diese sind nie deutlich krystallinisch, werden meist bei der Erhitzung für sich zersetzt, indem sie entweder die Säure entlassen und die Basis zurückbleibt oder metallisches Arsen verdampft und arsensaures Salz gebildet wird, geben beim Glühen mit Kohle Arsen, mitunter auch ein Arsenmetall, und werden durch die meisten anderen Säuren, oft durch die Kohlensäure zersetzt. Die Curcumä braun färbenden neutralen Alkalisalze lösen sich in Wasser, die nicht darin löslichen Salze in Salzsäure, und mehrere auch in verschiedenen Ammoniaksalzen. Die wässerige Lösung giebt mit Kalkwasser, Kalksalzen, Barytsalzen und Bleisalzen einen weißen, mit Kupferoxydsalzen einen gelbgrünen und mit salpetersaurem Silberoxyd einen gelben, in Salpetersäure, Essigsäure und Ammoniak löslichen Niederschlag, und wird durch Schwefelwasserstoff nur gelb gefärbt, bei Zusatz einer Säure aber citronengelb gefällt.

Die in Wasser löslichen arsenigsauren Salze erhält man durch längeres

Kochen der Säure und Basis mit Wasser, die übrigen durch doppelte Affinität.

§. 301. Die arsenige Säure kann sich auch mit einigen Säuren verbinden, worin sie die Basis spielt und die Verbindungen deßhalb **Arsenoxydsalze**, Sales arsenicosi, genannt werden; sie sind nur im gelösten Zustand bekannt, werden durch Schwefelwasserstoff gelb gefällt, liefern bei Berührung mit Zink Arsenwasserstoff und metallisches Arsen, und setzen auf Kupfer Arsen ab.

Die meisten Säuren lösen nur in der Wärme eine größere Menge arsenige Säure, scheiden diese aber beim Erkalten fast gänzlich wieder aus; nur Salzsäure und Essigsäure behalten auch in der Kälte viel gelöst.

Arsensäure.

65,5	— 75,329	Arsen	1 Vol.	Arsengas
34,5	— 40,000	Sauerstoff	5 „	Sauerstoffgas
100,0	— 115,329	Arsensäure:	? Vol.	Arsensäuregas?

Symb. und Aequiv. AsO_5 = 115,329. Atom. AsO_5 (As_2O_5).

§. 302. Die Arsensäure bildet sich bei der Einwirkung von Jod, Brom, Chlor, Königswasser, unterchloriger Säure und Salpetersäure auf Arsen oder arsenige Säure, beim Verpuffen beider mit salpetersaurem oder chlorsaurem Kali, beim Glühen arsenigsaurer Alkalien, bei Behandlung des arsenigsauren Kupferoxydes mit Kali u. s. w.

4 Th. arsenige Säure werden mit 1 Th. Salzsäure von 1,2 spec. Gewicht und 12 Th. Salpetersäure von 1,25 spec. Gewicht erhitzt, das Ganze zur Trockne verdunstet und dann sehr schwach roth geglüht.

§. 303. Die wasserfreie Arsensäure bildet frisch eine farblose, durchsichtige, glasähnliche Masse, die nach längerem Aufbewahren milchweiß und undurchsichtig wird, ist von 3,7342 spec. Gewicht, schmilzt bei schwacher Rothglühhitze, ist ohne Geruch und anfangs beinahe geschmacklos, später von sehr scharfem und saurem Geschmack, wirkt höchst giftig, reagirt stark sauer, zerfließt langsam an der Luft, löst sich langsam, aber reichlich in Wasser, und schießt aus der syrupsdicken Lösung zuweilen in großen, sehr zerfließlichen, wasserhaltigen Krystallen an.

Die wässerige Lösung der Arsensäure ist farblos und fällt überschüssiges Kalk-, Baryt- oder Strontianwasser weiß, Kupferoxydammoniak blaß grün-blau, salpetersaures Silberoxyd braunroth, salpetersaures Quecksilberoxydul gelbweiß und salpetersaures Quecksilberoxyd gelb.

§. 304. Die Arsensäure zerfällt bei einer etwas über den Schmelzpunkt gehenden Hitze in arsenige Säure und Sauerstoffgas, und entläßt in höherer Temperatur an Wasserstoff, Kohlenstoff Schwefel, Phosphor, Alkalimetalle, Mangan, Antimon, Wismuth, Zink, Zinn, Blei, Eisen, Kobalt, Nickel und Arsen allen oder $^2/_5$ des Sauerstoffs; Quecksilber und Silber zersetzen sie nur in hoher Temperatur; sie absorbirt Schwefelwasserstoff unter Bildung von Wasser und Arsensupersulphid.

Die Lösung der Arsensäure scheidet im Kreise der Volta'schen Säule am negativen Pol Arsen und Arsenwasserstoff, giebt mit Zink, Zinn und Eisen arsensaures Metalloxyd und Arsenwasserstoff, bedeckt sich in Phosphorwasserstoffgas mit einer kupferrothen Haut und giebt sowohl mit Schwefelwasserstoff, als auch mit unterschwefeligsaurem Natron Arsensupersulphid.

§. 305. Die Arsensäure hat eine größere Affinität zu den basischen Oxyden, als die arsenige Säure, und verbindet sich mit ihnen zu den **arsensauren Salzen**, Arseniates, welche wie die phosphorsauren Salze drei Reihen bilden, nämlich auf 1 Aequiv. Säure 1 Aequiv. Basis und

2 Aequiv. Wasser (einfach-arsensaure Salze) oder 2 Aequiv. Basis und 1 Aequiv. Wasser (halbarsensaure Salze) oder 3 Aequiv. Basis (drittel-arsensaure Salze). Die drittel- und halb-arsensauren Salze reagiren alkalisch, die einfach-sauren Salze sauer. Mehrere, namentlich einfach-arsensaure Salze sind schmelzbar und die meisten werden noch nicht bei einer starken Glühhitze zersetzt; nur die einfach-sauren geben dabei einen Theil der Arsensäure als arsenige Säure und Sauerstoffgas ab. Alle arsensauren Salze geben beim Glühen mit Kohle Arsen oder Arsenmetall und mehrere beim Glühen in Wasserstoffgas metallisches Arsen. Kali entzieht ihnen, mit Ausnahme der arsensauren Alkalien, den größten Theil der Säure. Die arsensauren Alkalien lösen sich auch bei 3 Aequiv. Basis in Wasser, die übrigen Salze nur in überschüssiger Arsensäure, in Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure und Ammoniaksalzen. Die wässerigen Lösungen der drittel- und halb-arsensauren Salze geben mit Baryt-, Strontian- und Kalkwasser und den Salzen dieser Basen, der Erden, des Manganoxyduls, Zinnoxyduls, Zinkoxydes, Bleioxydes und Eisenoxydes einen weißen, mit Uranoxyd- und Quecksilberoxydulsalzen einen gelbweißen, mit Quecksilberoxydsalzen einen gelben, mit Kobaltoxydsalzen einen rosenrothen, mit Nickeloxydsalzen einen grünen, mit Kupferoxydsalzen einen blaß-grünblauen, mit Platinoxydsalzen einen hellbraunen und mit Silberoxydsalzen einen braunrothen Niederschlag und die salzsauren Auflösungen lassen beim Sättigen mit Schwefelwasserstoff langsam (auch die wässerigen Lösungen nach dem Kochen mit unterschwefeligsaurem Natron bei Zusatz von Salzsäure) Arsensupersulphid fallen (ist zugleich ein durch Schwefelwasserstoff fällbares Metalloxyd vorhanden, so schlägt sich eine Verbindung des Schwefelarsens mit dem andern Schwefelmetall nieder).

Man erhält die arsensauren Salze entweder unmittelbar aus der Säure und Basis oder durch Glühen arsenigsaurer Alkalien mit salpetersauren Salzen oder durch doppelte Affinität.

Arsen und Wasserstoff.

Arsenwasserstoff.

96,19 — 75,329	Arsen	1 Vol.	Arsengas
13,81 — 3,000	Wasserstoff	6 „	Wasserstoffgas
100,00 — 78,329	Arsenwasserstoff:	4 Vol.	Arsenwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. $AsH_3 = 78{,}329$. Atom. AsH_3 (As_2H_6).

§. 306. Der Arsenwasserstoff bildet sich bei Einwirkung von Wasser auf Arsenalkalimetalle, beim Lösen arsenhaltigen Zinks, Eisens oder Zinns in verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, und beim Lösen von Zink, Eisen oder Zink in wässeriger Arsensäure oder in einem Gemische dieser oder arseniger Säure mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure.

Das durch zweistündiges Glühen von 2 Th. Schwefelantimon, 2 Th. Weinstein und 1 Th. arseniger Säure in einem verschlossenen Tiegel erhaltene Arsen-Antimonkalium wird nach dem Pulvern mit Wasser übergossen, oder das aus gleichen Theilen Arsen und Zink in einer irdenen Retorte erhaltene Arsenzink wird mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure in Berührung gesetzt, oder Zink mit der doppelten Menge arseniger Säure vermengt wird in Salzsäure oder Zink in mit arseniger Säure gesättigter Salzsäure gelöst und das Gas über Wasser gesammelt. (Sowohl hierbei, als auch beim Lösen arsenhaltiger Metalle in Salzsäure oder Schwefelsäure, oder der Metalle in arsenhaltigen Säuren ist die größte Vorsicht zu beobachten, daß nichts von dem Gase eingeathmet werde.

§. 307. Das Arsenwasserstoffgas ist farblos und von 2,695 spec. Gewicht, läßt sich durch starken Druck oder Abkühlung auf — 40° zu einer wasserhellen Flüssigkeit verdichten, riecht sehr widerlich, ekelerregend, verursacht auch mit viel atmosphärischer Luft vermengt Uebelkeit, Erbrechen, Schwindel und Beklemmung, ist äußerst giftig, röthet nicht Lakmus und löst sich in der fünffachen Raummenge in Wasser, wenig in wässerigen Alkalien, Weingeist und Aether, reichlich in Terpenthinöl.

Die wässerige Lösung fällt aus Metallsalzlösungen reines oder arsenhaltiges Metall (vergl. §. 308).

§. 308. Das Arsenwasserstoffgas zerfällt beim Erhitzen in seine Bestandtheile, verbrennt an der Luft oder in Sauerstoffgas durch flammende Körper oder den elektrischen Funken entzündet mit blau-weißer oder weißer Flamme zu Wasser und arseniger Säure (bei unzureichendem Sauerstoff unter theilweiser Abscheidung von Arsen), läßt in Berührung mit Luft und Wasser nach längerer Zeit, mit Schwefelsäure unter Bildung schwefeliger Säure rascher Arsen fallen, verbrennt beim Einströmen in unterchlorigsaures Gas mit blauer Flamme zu Arsensäure und Salzsäure, wird durch Untersalpetersäure und Salpetersäure (unter Entflammung durch rauchende Salpetersäure) oxydirt, verbrennt in Chlorgas unter Abscheidung des Arsens, welches sich bei Ueberschuß von Chlor mit diesem verbindet und bei Gegenwart von Wasser die Bildung von Salzsäure, arseniger Säure und Arsensäure bedingt, giebt mit Bromwasser arsenige Säure und Bromwasserstoff, mit Jod Jodwasserstoff und Jodarsen, mit erhitztem Schwefel Schwefelwasserstoff und Arsen, später Schwefelarsen, mit Phosphordämpfen Phosphorarsen und schwerentzündliches Phosphorwasserstoffgas, mit erhitztem Kalium, Zink oder Zinn Arsenmetalle und Wasserstoffgas, mit erhitzten Alkalihydraten arsenigsaure Alkalien und Wasserstoffgas (zum Theil durch Zersetzung des Hydratwassers in Freiheit gesetzt) und mit wasserfreiem Baryt erhitzt unter Freiwerden von Wasserstoffgas ein Gemenge von arsenigsaurem Baryt mit Arsenkalium und schlägt aus den Lösungen der Metallsalze theils Arsenmetalle (wie aus Kupfer-, Mangan-, Zink- und Zinnlösungen), theils reine Metalle (wie aus Silber-, Platin-, Gold- und Rhodiumlösungen), aus Quecksilberchloridlösung aber erst eine Doppelverbindung von Arsenquecksilber und Chlorquecksilber nieder, die zuletzt in Arsenquecksilber übergeht.

Ueber Arsenwasserstoff vergl. auch Bd. 3, S. 247 ff., wo sein Unterschied von Antimonwasserstoff hervorgehoben ist.

Arsen und Salzzeuger.

Chlorarsen.

§. 309. Das Arsen entzündet sich schon bei gewöhnlicher Temperatur im Chlor und verbrennt mit röthlich-weißem Lichte zu **Arsensuperchlorür**, $AsCl_3$; dieses wird auch bei der Einwirkung von 1 Th. Arsen auf 6 Th. Quecksilberchlorid in der Hitze, oder durch Destillation einer gesättigten Lösung von arseniger Säure und Salzsäure, mit Schwefelsäure, oder durch Destillation von arseniger Säure mit Kochsalz und Schwefelsäure erhalten und stellt eine wasserhelle, ölartige, sehr schwere Flüssigkeit dar, wird bei — 29° nicht fest, siedet bei 132°, verdunstet aber schon bei gewöhnlicher Temperatur in weißen Nebeln, löst sich in wenig Wasser ohne Zersetzung, bei größerer Verdünnung unter Abscheidung von arseniger Säure und Bildung von Salzsäure, nimmt in der Wärme große Mengen von Schwefel und Phosphor auf, die sich beim Erkalten größtentheils wieder ausscheiden, löst Terpenthinöl, Olivenöl und Colophon, absorbirt das 10fache Volumen Phosgengas und unter

Bildung eines weißen Pulvers sehr viel Ammoniak und wird wenig von Antimon, Wismuth, Zink, Cadmium, Zinn, Blei, Eisen, Kupfer und Quecksilber zersetzt, indem sich diese Metalle nur anfangs mit Arsen überziehen, wodurch die weitere Einwirkung verhindert wird.

Arsensuperchlorid, $AsCl_5$, konnte bis jetzt noch nicht dargestellt werden.

Bromarsen.

§. 310. Arsen verbrennt in Berührung mit Brom unter Feuererscheinung und Entwicklung starker Dämpfe zu Arsensuperbromür, $AsBr_3$; dieses bildet eine weiße, strahlige Masse, zerfließt über 20° zu einer durchsichtigen, blaßgelben, schwach rauchenden Flüssigkeit, kocht bei 220°, zerfließt rasch an der Luft und löst sich in Wasser unter Zersetzung und Bildung von Bromwasserstoff. $AsBr_5$ ist unbekannt.

Das arsenigsaure Arsensuperbromür ist das Produkt der Zersetzung des Superbromürs durch Wasser, zerfällt in der Hitze in Superbromür, arsenige Säure und Wasser, und verliert beim Waschen mit Wasser oder Weingeist das Brom unter Bildung von Bromwasserstoff.

Jodarsen.

§. 311. Das Arsen verbindet sich im gepulverten Zustand mit Jod bei schwacher Erhitzung unter starker Wärmeentwicklung zu Arsensuperiodür, AsI_3, welches auch bei Gegenwart von Wasser gebildet wird und eine ziegelrothe, auf dem Bruche krystallinische Masse oder kleine, rothe, beim Trocknen dunkler werdende Krystalle darstellt, ist ohne Geruch und von metallischem Geschmack, schmilzt beim Erhitzen und ist unter theilweiser Zersetzung flüchtig, verliert beim längeren Aufbewahren an der Luft etwas Jod, löst sich in wenig kochendem Wasser ohne Zersetzung, zerfällt aber beim Erkalten und giebt beim Verdampfen mit Salpetersäure reine Arsensäure. AsI_5 scheint zu existiren.

Arsenigsaures Arsensuperiodür, bildet sich neben einer Lösung von arseniger Säure in Jodwasserstoff bei der Zersetzung des Superiodürs mit wenig Wasser, stellt große, weiße, glänzende, luftbeständige Schuppen dar, giebt bei der Sublimation Wasser, Superiodür und arsenige Säure, und löst sich in heißem Wasser unter Verlust von Jod.

Fluorarsen.

§. 312. Bei der Destillation von 1 Th. geglühtem Flußspath mit 1 Th. arseniger Säure und 3 Th. Schwefelsäure erhält man Arsensuperfluorür, AsF_3, als eine wasserhelle, dünne Flüssigkeit von 2,73 spec. Gewicht; es raucht schon in der Kälte stark an der Luft, siedet bei 63°, erregt beim Verdunsten starke Abkühlung und auf der Haut Entzündung und langwierige Vereiterung, riecht wie Fluorsilicium, nicht knoblauchartig, röthet nicht trocknes Lakmus, mischt sich mit Weingeist, Aether, ätherischen und fetten Oelen unter mehr oder minder starker Zersetzung, mit Wasser ohne Fällung von arseniger Säure, und greift Zink, Zinn und kohlensauren Kalk nicht merklich und Glas nur bei Gegenwart von Wasser an.

Arsensuperfluorür-Ammoniak (AsF_3, $3H_3N$) bildet sich bei der Einwirkung des Superfluorürs auf gasförmiges oder kohlensaures Ammoniak, ist weiß, krystallisirbar, ohne Zersetzung flüchtig und in Wasser löslich; nur die verdünnte Lösung greift beim Verdunsten Glas an.

Arsen und Kieszeuger.

Schwefelarsen.

§. 313. Das Arsen läßt sich mit Schwefel in allen Verhältnissen zusammenschmelzen und bildet mit ihm mehrere bestimmte Verbindungen. Arsensulphür, $As S_2$, findet sich natürlich als Realgar (vergl. Bd. 3, S. 407); es bildet mit den basischen Schwefelmetallen die Arsensulphür-Schwefelmetalle oder unterarsenigschwefeligen Salze, Subsulpharseniites, welche auf 1 Aequiv. Sulphosäure 1, 2 oder 3 Aequiv. Sulphobase enthalten und roth oder dunkelbraun sind. Die Verbindungen mit Alkalimetallen zerfallen mit Wasser entweder in Arsensubsulphür und Arsensulphidschwefelmetalle, oder in eine unlösliche, aus gleichen Aequiv. Säure und Basis bestehende, und in eine lösliche Verbindung mit überschüssigem Schwefelalkalimetall; die übrigen Verbindungen sind meist in Wasser unlöslich und geben bei der Behandlung mit wässerigen Säuren unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff Arsensulphür.

Man erhält die Arsensulphür-Schwefelmetalle durch Zusammenschmelzen von Sulphosäure und Sulphobase oder eines Arsensupersulphür-Schwefelmetalles mit Arsen, beim Kochen des Supersulphürs mit kohlensauren Alkalien, beim Verdunsten der wässerigen Lösungen der Arsensupersulphür-Schwefelalkalimetalle und durch doppelte Affinität aus Erdalkali-, Erd- und Metallsalzen und Arsensulphür-Schwefelkalium.

Anmerk. Das bei der Zersetzung der Arsensulphür-Schwefelalkalimetalle mit Wasser niederfallende Arsensubsulphür, $As_6 S$, ist braun, entzündet sich unter 100° und verglimmt zu gelbem Schwefelarsen und arseniger Säure, und zerfällt bei der Sublimation im luftleeren Raum in Arsen und Schwefelarsen ($= As_2 S$?) von schwarzbrauner Farbe bei reflektirtem und gelb-brauner bei durchfallendem Licht.

§. 314. Arsensupersulphür, $As S_3$, findet sich natürlich als Operment (vergl. Bd. 3, S. 408); es wird wie das Sulphür durch Behandlung mit erhitzter Salpetersäure in Arsensäure und Schwefelsäure, durch erhitzte Schwefelsäure unter Entwicklung schwefeliger Säure in arsenige Säure verwandelt, verpufft mit Salpeter, erhitzt unter lebhafter Lichtentwicklung, giebt beim Leiten mit Wasserdampf durch glühende Röhren Schwefelwasserstoffgas, Schwefelarsen und arsenige Säure, und scheidet beim Kochen mit wässerigem Alkali unter Bildung von Arsensupersulphür-Schwefelmetall Arsensubsulphür ab. Das Supersulphür giebt beim Leiten über glühenden Kalk Arsen und Schwefelkalium mit schwefelsaurem und arsenigsaurem Kalk gemengt, beim Leiten über ein glühendes Gemenge von Kohle und kohlensaurem Kali oder Kohle und Kalk Arsen und Schwefelarsen-Schwefelmetall, beim Erhitzen mit Cyankalium unter Abscheidung des sämmtlichen Arsens Schwefelcyankalium und beim Zusammenreiben mit Quecksilberchlorid und Wasser rasch Quecksilberchlorür und eine Lösung von arseniger Säure und Salzsäure; es zerfällt bei der Erhitzung in verschlossenen Gefäßen zuerst in ein mehr geschwefeltes Arsen und dann in ein mehr arsenhaltiges Sublimat. Das Arsensupersulphür bildet mit den basischen Schwefelmetallen die Arsensupersulphür-Schwefelmetalle oder arsenschwefeligen Salze, Sulpharseniites, die auf 1 Aequiv. Sulphosäure 1, 2 oder 3 Aequiv. Sulphobase enthalten, gelb oder roth sind, beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen entweder alles oder 1/3 oder 2/3 oder, wie die Verbindungen mit den Alkalimetallen, gar kein Schwefelarsen verlieren, und bei Berührung mit wenig Wasser in niederfallendes Arsensulphür-Schwefelmetall und gelöst bleibendes Arsensulphid-Schwefelmetall, aber nicht durch viel Wasser

zersetzt werden. Die aus gleichen Aequiv. Sulphosäure und Sulphobase bestehenden Verbindungen der Erdalkalimetalle und des Magnesiums lassen beim Kochen einen Theil Schwefelarsen fallen, die der Alkalimetalle bleiben unzersetzt; die aus 1 Aequiv. Sulphosäure und 2 Aequiv. Schwefelalkalimetall bestehenden Verbindungen geben in der wässerigen Lösung mit Weingeist vermischt gelöst bleibendes Schwefelarsenmetall mit 1 Aequiv. Base und niederfallendes Schwefelarsenmetall mit 3 Aequiv. Base, welches sich unter Bildung von Arsensulphür- und Arsensulphid-Schwefelmetall braun färbt. In Wasser löslich sind nur die Arsensupersulphür-Schwefelmetalle der Alkalimetalle und des Magnesiums, welche auch bei wenig Wasser (vergl. oben) zersetzt werden. Die Lösungen sind wasserhell, farblos oder gelblich, schmecken hepatisch und dann ekelhaft bitter, lassen an der Luft unter langsamer Oxydation Arsensupersulphür und Arsensulphür-Schwefelmetalle fallen, werden durch Kupferoxyd oder Silberoxyd zersetzt und geben mit Säuren unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff Arsensupersulphür.

Man erhält die Arsensupersulphür-Schwefelmetalle durch Glühen der Arsensulphid-Schwefelmetalle bei abgeschlossener Luft, durch Lösen von Arsensupersulphür oder arseniger Säure in Schwefelalkalimetallen oder des ersteren in wässeriger Kalilauge, die der Erd- und schweren Metalle durch doppelte Affinität.

§. 315. Arsensulphid, AsS_5, bildet sich bei der Zersetzung der Arsensäure durch Schwefelwasserstoff oder des Kalisalzes derselben mit Schwefelwasserstoff-Schwefelalkalimetall; es ist rein citronengelb, pulverig, schwieriger schmelzbar als Schwefel und ohne Veränderung flüchtig, wobei es als eine rothbraune, zähe fließende, nach dem Erkalten blaß gelbrothe, durchsichtige Masse erscheint, reagirt in der Siedhitze auf Lakmusauszug, giebt an siedenden Weingeist etwas Schwefel ab und löst sich unter theilweiser Zersetzung in reinem und kohlensaurem Alkali, vollständig in concentrirter, mit Hinterlassung von Schwefel in verdünnterer Ammoniakflüssigkeit und leicht in Schwefelalkalimetallen. Es bildet mit den basischen Schwefelmetallen die Arsensulphid-Schwefelmetalle oder Arsenschwefelsalze, Sulpharseniales, welche auf 1 Aequiv. Sulphosäure 1, 2 oder 3 Aequiv. Sulphobase enthalten, citronengelb, roth oder braun, zum Theil krystallisirbar, luftbeständig und im löslichen Zustand von hepatischem, dann ekelhaft bitterem Geschmack sind; die Verbindungen mit 3 Aequiv. Schwefelalkalimetall zersetzen sich nicht beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen und lösen sich nach dem Erkalten noch in Wasser, während sie mit 1 oder 2 Aequiv. Schwefelmetall Schwefel entwickeln und in Supersulphür-Schwefelmetalle verwandelt werden; die Silber- und flüchtige Quecksilberverbindung werden ebenfalls nicht verändert, während die übrigen Verbindungen mit 1 oder 2 Aequiv. Schwefelbase in Schwefel und Arsensupersulphür-Schwefelmetall zerfallen. Beim Erhitzen an der Luft geben alle Verbindungen Arsensupersulphür und arsenige Säure mit Hinterlassung von schwefelsaurem Alkali oder reinem Metalloxyd. In Wasser löslich sind die Arsensulphid-Schwefelmetalle der Alkalimetalle, des Magnesiums, Yttriums und Berylliums; die Lösungen sind farblos oder gelblich, lassen auf Zusatz von Weingeist aus Verbindungen der Sulphosäure mit 2 Aequiv. Sulphobase die mit 3 Aequiv. fallen, und die weingeistige Flüssigkeit scheidet beim Kochen in verschlossenen Gefäßen Arsensupersulphür und Supersulphid (vergl. unten) ab; die wässerigen Lösungen oxydiren sich langsam an der Luft unter Abscheidung von Schwefel, Arsensulphid und Arsensulphür-Schwefelmetall, entwickeln in Berührung mit Säuren unter Fällung von Sulphid eigenthümlich riechenden Schwefelwasserstoff

und werden durch Kupferoxydhydrat und andere leicht desoxydirbare Oxyde in arsensaures Alkali und Schwefelmetall zersetzt.

Man erhält die Arsensulphid-Schwefelmetalle durch Lösen des Sulphides in reinen oder Schwefelwasserstoff-Schwefelalkalimetallen, beim Leiten von Schwefelwasserstoff durch arsensaure Alkalien, durch Zersetzung der salzsauren Lösung arsensaurer Salze mit Schwefelwasserstoff, durch Zusammenschmelzen des Sulphides mit reinem oder kohlensaurem Alkali, oder Lösen in ätzenden Alkalien, oder die Verbindungen einiger Erd- und schweren Metalle durch doppelte Affinität.

§. 316. Arsensupersulphid, AsS_{18}, erhalten durch Erhitzung der weingeistigen Lösung der Arsensulphid-Schwefelalkalimetalle oder durch Digestion des Arsensupersulphürs mit einer weingeistigen Lösung von Schwefelkalium, bildet zarte, blaßgelbe, glänzende Schuppen und Strahlen.

Arsen mit einem großen Ueberschuß von Schwefel ist bräunlichgelb, bleibt nach dem Schmelzen lange weich, giebt beim Zerreiben ein gelbes Pulver und entläßt bei der Sublimation Schwefel, der immer reicher an Arsen wird.

Selenarsen.

§. 317. Arsen wird von schmelzendem Selen zu einer schwarzen, leicht schmelzbaren Masse gelöst, die in der Rothglühhitze kocht und Arsenselenid, $AsSe_5$, zu entwickeln scheint, dann aufhört zu kochen und endlich beinahe in der Weißglühhitze als Ganzes zu einer, beim Erkalten braunschwarzen, glänzenden Masse übergeht.

Verbindungen des Arsens mit Tellur oder Phosphor sind wenig oder gar nicht bekannt.

C. Vom Antimon.

Symb. und Aequiv. Sb=129,243. Atomengew. 806,452 oder 64,621. Doppelatom Sb (Sb_2) 1612,904. Spec. Gewicht = 6,715, Spec. Wärme = 0,05077.

(Vergl. Bd. 3, S. 65–69.)

§. 318. Das Antimon verbindet sich mit vielen nichtmetallischen und metallischen Stoffen, mit ersteren theils unmittelbar, theils mittelbar, mit letzteren gewöhnlich unmittelbar und oft unter Feuererscheinung. Die Verbindungen mit den Metallen, die Antimonmetalle, Stibiureta, sind meist spröde und weiß, leichter schmelzbar als die reinen Metalle, überhaupt den Arsenmetallen sehr ähnlich, entwickeln aber, wenn sie durch Wasser zersetzbar sind, nur Wasserstoffgas, die übrigen in Berührung mit Salzsäure Antimonwasserstoff.

Verbindungen des Antimons mit anderen Metallen in bestimmten Verhältnissen finden sich einige in der Natur, wie z. B. das Antimonsilber, Ag_3Sb, krystallisirt vor.

Antimon und Sauerstoff.

§. 319. Das Antimon verbindet sich schon bei gewöhlicher Temperatur mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft zu Antimonsuboxyd; wird es an der Luft bis zum Kochen erhitzt, so verbrennt es mit lebhafter, bläulich-weißer Flamme zu Antimonoxyd, SbO_3, welches sowohl, wie auch metallisches Antimon, durch stark oxydirend wirkende Substanzen in Antimonsäure, SbO_5, verwandelt wird.

Das Antimonsuboxyd, Sb_3O_4, vielleicht richtiger SbO, bildet sich beim Aussetzen des metallischen Antimons an feuchte Luft oder bei

Anwendung eines Leitungsdrahtes von Antimon bei der Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom und wird in reichlicher Menge erhalten, wenn man in mit Wasser bedecktes Antimonpulver den positiven Platindraht einer galvanischen Batterie führt und von Zeit zu Zeit das gebildete Oxyd abschlämmt; es ist nach dem Trocknen schwarzgrau und nimmt unter dem Polirstahl keinen Metallglanz an (das durch Zersetzung einer Brechweinsteinlösung mit einer Bunsen'schen oder Grove'schen Batterie erhaltene Oxyd wird unter dem Polirstahl metallglänzend); es zerfällt beim Kochen mit Salzsäure in sich lösendes Antimonoxyd und zurückbleibendes Metall.

Antimonoxyd (vergl. Bd. 3, S. 222—225).

84,35	— 129,243	Antimon	1 Vol.	Antimondampf
15,65	— 24,000	Sauerstoff	3 „	Sauerstoffgas
100,00	— 153,243	Antimonoxyd:	? Vol.	Antimonoxydgas?

Symb. und Aequiv. $SbO_3 = 153,243$. Atom. $\text{S̶b}O_3$ (Sb_2O_3).

§. 320. Das Antimonoxyd findet sich natürlich als Weißspießglanzerz oder Antimonblüthe in Säulen und Nadeln krystallisirt und mit Schwefelantimon verbunden im Rothspießglanzerz und bildet sich außer in den Bd. 3, S. 223 angegebenen Fällen auch beim Leiten von Wasserdampf über stark glühendes Antimon, beim Lösen des Antimons in Schwefelsäure und beim Glühen desselben mit Bleioxyd.

Darstellung des Oxydes vergl. a. a. O.

§. 321. Das Antimonoxyd wird durch Kalium schon bei schwachem Erhitzen unter Feuerentwicklung, durch Kohle, Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas bei schwacher Glühhitze zu Metall reducirt, giebt mit schmelzendem Cyankalium Metall und cyansaures Kali, beim Schmelzen mit wenig Schwefel Oxysulphuret, mit mehr Schwefel bloß Schwefelmetall, und beim Kochen mit Schwefel und Natron Antimonsulphid-Schwefelnatrium und antimonsaures Natron, und wird von Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium erst in ein gelb-rothes, dann in ein braun-rothes Oxysulphuret verwandelt und letzteres zum Theil gelöst.

Physikalische und andere Eigenschaften des Antimonoxydes; vergl. a. a. O.

§. 322. Das Antimonoxyd verbindet sich nur mit einigen stärkeren Basen, mit den Säuren bildet es die Antimonoxydsalze, Spießglanzoxydsalze, Sales stibici, hat aber im Ganzen wenig Affinität zu den Säuren, da die neutralen Salze, wenn sie nicht mit Weinsteinsäure vermischt sind, häufig durch viel Wasser in eine saure Lösung mit wenig Oxyd und in ein schwerlösliches basisches Salz zersetzt werden. Die Antimonoxydsalze sind farblos oder gelblich, haben einen schwach metallischen Geschmack, röthen Lakmus und wirken brechenerregend. Sie verlieren beim Glühen die Säure, wenn diese flüchtig ist, geben mit kohlensaurem Natron auf der Kohle geschmolzen metallisches Antimon, werden aus ihrer wässerigen oder salzsauren Auflösung durch Zink, Cadmium, Zinn, Blei, Eisen, Kobalt und unvollständig durch Wismuth und Kupfer metallisch und durch Schwefelwasserstoff gelbroth, in Schwefelalkalimetallen löslich, und durch Kochen mit unterschwefeligsaurem Natron und späteren Zusatz von Salzsäure gelb, allmählig zinnoberroth werdend, gefällt; Ammoniak verursacht einen voluminösen, weißen, nicht in Ammoniak löslichen, Kalilauge einen ähnlichen, durch wenig Kaliüberschuß krystallinisch werdenden, durch mehr löslichen, einfach- und doppeltkohlensaure Alkalien einen ähnlichen, etwas in kohlensaurem Kali löslichen und die kohlensauren alkalischen Erden bei gewöhnlicher Temperatur einen weißen Niederschlag von Antimonoxyd. Die Antimonoxydsalze werden ferner

gefällt durch phosphorsaures Natron weiß, aber nicht vollständig, durch Oralsäure weiß und voluminös, nach längerer Zeit vollständig, durch Kalium-eisencyanür weiß und durch Galläpfeltinktur gelblich. Die in Wasser unlöslichen Salze lösen sich in Salzsäure und zeigen dann dieselben Erscheinungen.

Man erhält die Antimonoxydsalze durch Einwirkung der Säuren auf das Metall, das Oxyd oder oxydhaltiges Schwefelantimon (über die officiellen Antimonoxydsalze vergl. Bd. 3, S. 1265 u. 1266).

Antimonsäure (vergl. B. 3, S. 232).

76,36	—	129,243	Antimon	1	Vol. Antimondampf
23,64	—	40,000	Sauerstoff	5	„ Sauerstoffgas
100,00	—	169,243	Antimonsäure:	?	Vol. Antimonsäuregas?

Symb. und Aequiv. $SbO_5 = 169{,}243$. Atom. $\mathbf{Sb}O_5$ (Sb_2O_5).

§. 323. Die Antimonsäure bildet sich beim Erhitzen des Metalles oder Oxydes mit Salpetersäure, beim Verpuffen des Antimons mit Salpeter und beim Erhitzen desselben mit Quecksilberoxyd.

Man erhält die Antimonsäure entweder durch Lösen des Antimons in Königswasser, Verdunsten zur Trockne, Vermischen des Rückstandes mit concentrirter Salpetersäure und Verdampfen derselben in nicht bis zum Glühen gesteigerter Temperatur, oder durch Kochen des Antimons mit Salpetersäure und Erhitzen des aus Antimonsäurehydrat und basisch salpetersaurem Antimonoxyd bestehenden Rückstandes, oder durch Erhitzen von Antimonpulver mit Quecksilberoxyd, bis das grüne antimonsaure Quecksilberoxyd in gelbe Antimonsäure verwandelt ist, oder durch Erhitzen des Antimonsäurehydrates, dieses aber durch Verpuffen von 1 Th. Antimon mit 4 Th. Salpeter, Auskochen der weiter geglüheten und gepulverten Masse mit Wasser, Zersetzen des Filtrates mit Salpetersäure und Auswaschen des Niederschlages, oder durch Zersetzung des Antimonchlorids mit Wasser und Auswaschen.

§. 324. Die wasserfreie Antimonsäure ist blaß-citronengelb, wird beim Erhitzen vorübergehend dunkler, ist unschmelzbar und von 6,525 spec. Gewicht, hat keinen Geschmack und löst sich nicht in Wasser, wenig in Salzsäure und Weinsteinsäure. Das Antimonsäurehydrat (SbO_5, Aq.) bildet ein zartes weißes Pulver, röthet Lakmus, löst sich sehr wenig in Wasser, mehr in Salzsäure, nicht in Salpetersäure, und verliert in der Hitze das Wasser; bei stärkerer Hitze geht die Antimonsäure unter Verlust von Sauerstoff in antimonsaures Antimonoxyd über; sie giebt beim Erhitzen mit wenig Schwefel schwefelige Säure und Antimonoxyd, mit mehr Schwefel Schwefelantimon, wird auch beim Glühen mit Schwefelblei, Schwefelkupfer oder Schwefelsilber unter Entwicklung schwefeliger Säure in Antimonoxyd verwandelt und löst sich in kochenden Schwefelwasserstoff-Schwefelalkalimetallen unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Bildung von Antimonsulphid-Schwefelmetall.

Die wässerige Lösung des Antimonsäurehydrates giebt mit Schwefelwasserstoff eine gelbe, durch Ammoniak wieder verschwindende Färbung.

§. 325. Die Antimonsäure zersetzt nicht auf nassem, wohl aber auf trockenem Wege die kohlensauren Alkalien und bildet mit den basischen Oxyden die antimonsauren Salze, Stibiales, die auf 1 Aequiv. Säure 1 oder $\frac{1}{2}$, auch 2 oder $1\frac{1}{2}$ Aequiv. Basis enthalten. Die antimonsauren Alkalien und Erden sind farblos und erstere nur in Wasser löslich, werden aber durch Glühen unlöslich und erst durch längeres Kochen wieder löslich; die übrigen Salze sind unlöslich, werden aber von Salzsäure gelöst und durch die meisten Säuren zersetzt. Mehrere antimonsaure Metalloxyde haben die Eigenschaft, beim Erhitzen nach der Entfernung des Wassers eine Feuer-

erscheinung zu zeigen, ohne einen Gewichtsverlust zu erleiden; sie werden dabei blässer und lassen sich nun gar nicht oder höchst schwierig durch Säuren zersetzen. Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium zersetzt die antimonsauren Salze unter Bildung von sich lösendem Antimonsulphid und Schwefelwasserstoff und verursacht in ihrer salzsauren Auflösung einen orangegelben, in Schwefelalkalimetallen löslichen Niederschlag.

Antimonsaures Antimonoxyd (SbO_3, SbO_5) wurde früher als eine besondere Oxydationsstufe des Antimons betrachtet und antimonige Säure (SbO_4) benannt; sie findet sich natürlich als Spießglanzocker und bildet sich beim Erhitzen des Oxydes an der Luft, durch Glühen der Antimonsäure oder des salpetersauren Antimonoxydes oder durch Rösten des schwarzen Schwefelantimons (als sog. Spießglanzasche), ist pulverig weiß, beim Erhitzen vorübergehend gelb, von 6,6952 spec. Gewicht, unschmelzbar und feuerbeständig, leuchtet stark in der Löthrohrflamme, löst sich nicht in Wasser und Säuren, nur schwierig in Salzsäure, woraus durch viel Wasser nur Antimonoxyd abgeschieden wird, läßt sich auf der Kohle, auch mit Soda gemengt, nicht zu Metall reduciren, sondern giebt einen weißen Beschlag, verwandelt sich durch Erhitzen mit metallischem Antimon in Oxyd, giebt beim Schmelzen mit Soda und Auswaschen mit Wasser lösliches Antimonoxyd-Natron mit wenig antimonsaurem Natron und unlösliches antimonsaures Natron mit wenig Antimonoxyd-Natron, und beim Kochen mit Weinstein eine Flüssigkeit, woraus sich beim Erkalten weinsteinsaures Antimonoxyd-Kali ausscheidet und beim Verdunsten eine Verbindung von Weinsteinsäure, Antimonsäure und Kali als eine gummiähnliche Masse hinterbleibt. Die sog. antimonigsauren Salze, Stibiites, sind antimonoxydhaltige antimonsaure Salze.

Antimon und Wasserstoff.

Antimonwasserstoff.

97,73 —	129,243	Antimon	1 Vol.	Antimondampf
2,27 —	3,000	Wasserstoff	6 „	Wasserstoffgas
100,00 —	132,243	Antimonwasserstoff:	? Vol.	Antimonwasserstoffgas.

Symb. und Aequiv. $SbH_3 = 132{,}243$. Atom. $\mathbf{Sb}\,\mathbf{H}_3$ (Sb_2H_6).

§. 326. Das von Thomson und Pfaff fast gleichzeitig entdeckte Antimonwasserstoffgas bildet sich beim Lösen des Antimonzinks in verdünnten Säuren oder beim Lösen des Zinks in Säuren, denen Antimonoxyde beigemischt sind.

Zink wird mit einer Mischung von wässeriger Schwefelsäure und Antimonoxyd in Berührung gesetzt oder eine Verbindung aus 2 Th. Zink und 1 Th. Antimon in verdünnter Schwefelsäure gelöst und das auftretende Gas über Wasser gesammelt.

§. 327. Das Antimonwasserstoffgas, dem gewöhnlich etwas Wasserstoffgas beigemengt ist, bildet ein farb- und geruchloses Gas, welches nur wenig von Wasser absorbirt wird. Es zerfällt unter der Glühhitze in seine Bestandtheile, verpufft mit Sauerstoffgas vermengt durch den elektrischen Funken, verbrennt an der Luft unter Bildung von Wasser und Antimonoxyd, bei unzureichendem Zutritt der Luft unter theilweiser Abscheidung von reinem Antimon, zersetzt sich beim längeren Aufbewahren mit Wasser, bei gewöhnlicher Temperatur langsam mit Chlorgas, rasch mit Chlorwasser oder Bromwasser unter Bildung von Salzsäure und basischem Antimonchlorür oder von Bromwasserstoff und basischem Antimonbromür, wird durch die weingeistigen (nicht durch die wässerigen) Lösungen der Alkalien zersetzt, indem sich diese erst braun-gelb, dann dunkelbraun färben und zuletzt braun-schwarze Flocken fallen

lassen, und scheidet aus schwefelsaurer Kupferlösung wenig Antimonkupfer, aus salpetersaurer Silberlösung reichlich Antimonsilber, aus Quecksilberchloridlösung weiße, bald grau und dann schwarz werdende Flocken und aus Chlorgold und Chlorplatin Antimonmetalle ab.

Ein selbstentzündliches Antimonwasserstoffgas bildet sich, wenn eine Salmiaklösung durch eine starke galvanische Batterie so zersetzt wird, daß man den durch eine Antimonstange gebildeten negativen Pol dem aus Platindraht bestehenden negativen Pol in der Flüssigkeit nähert; die auftretenden Gasblasen entzünden sich an der Luft und verbrennen mit glänzender weißer Flamme und Hinterlassung eines dichten weißen Rauches.

Antimon und Salzzeuger.

Chlorantimon.

§. 328. Das Antimon verbindet sich in zwei Verhältnissen mit Chlor, das Antimonchlorür, $SbCl_3$ (vergl. Bd. 3, S. 327—330) und das Antimonchlorid, $SbCl_5$, bildend. Das Antimonchlorür wird bei der Destillation mit Schwefel, beim Erhitzen mit Salpetersäure und durch siedende Schwefelsäure zersetzt, giebt beim Erhitzen mit Schwefelcyankalium Schwefelkohlenstoff, Antimonsupersulphür und Mellonkalium, und zerfällt durch Wasser in sich lösendes salzsaures Antimonchlorür und niederfallendes Antimonoxychlorür, $SbCl_3, 5 SbO_3$ (vergl. a. a. O. S. 330—332); dieses zerfällt beim Erhitzen in Antimonchlorür und Antimonoxyd, giebt beim Glühen mit Schwefel schwarzes Schwefelantimon und beim Kochen mit Salpetersäure salpetersaures Antimonoxyd, und verliert durch fortgesetztes Waschen mit heißem Wasser alles Chlor als Salzsäure, oder durch Behandlung mit kohlensauren Alkalien, dabei reines Oxyd zurücklassend. Das Antimonchlorid bildet sich bei der Einwirkung von Chlor auf Antimon, wobei dieses im gepulverten Zustand schon bei gewöhnlicher Temperatur mit röthlich-weißem Lichte und Funkensprühen verbrennt, und bei der Einwirkung von Chlor auf das Chlorür, wird durch Leiten von trocknem Chlorgas über gepulvertes und gelinde erwärmtes Antimon erhalten und stellt eine farblose oder sehr blaßgelbe, dünne Füssigkeit dar, ist schwerer als Wasser, leicht verdampfbar und von scharf saurem Geruch, raucht stark an der Luft, zerfällt beim Erhitzen in Chlor und Antimonchlorür entläßt auch an einige organische Substanzen Chlor unter Bildung von Chlorür und verbindet sich mit Phosphorwasserstoff zu einer festen rothen Substanz, die in Berührung mit Ammoniak leicht-, in Berührung mit Wasser und anderen wässerigen Flüssigkeiten schwer-entzündliches Phosphorwasserstoffgas entwickelt; das Antimonchlorid zieht an der Luft Feuchtigkeit unter Bildung einer weißen Krystallmasse an, und zerfällt durch viel Wasser unter starker Wärmeentwicklung in Antimonsäure und wässerige Salzsäure, die etwas Antimonsäure gelöst enthält. Beide Chloride des Antimons verbinden sich mit Ammoniak zu $H_3N, SbCl_3$ und $6 H_3N, SbCl_5$; beide Verbindungen sind fest und weiß.

Ein der sog. antimonigen Säure entsprechendes Antimonsuperchlorür, $SbCl_4$, erhält man in gelöstem Zustand durch Auflösen des antimonsauren Antimonoxydes in Salzsäure; die Lösung giebt nur mit wenig, aber nicht mit viel Wasser eine Fällung.

Bromantimon.

§. 329. Das Antimon verbrennt in Berührung mit Brom zu Antimonbromür, $SbBr_3$, welches durch die Destillation von überschüssigem Brom befreit eine farblose, nadelförmig krystallinische Masse bildet, bei 94⁰ schmilzt, bei 270⁰ siedet, aus der Luft Feuchtigkeit anzieht, durch kalte Salpetersäure

nicht zersetzt, durch siedende in Brom und salpetersaures Antimonoxyd verwandelt, auch nur durch siedende Schwefelsäure zersetzt wird und beim Vermischen mit Wasser in wässerigen Bromwasserstoff und Oxybromür zerfällt.

Antimonoxybromür, durch Zersetzung des Bromürs mit Wasser erhalten, zerfällt in der Hitze in Wasser, Antimonbromür und Oxyd und verliert durch wiederholte Behandlung mit Wasser alles Brom.

Jodantimon.

§. 330. Antimon und Jod vereinigen sich schon bei gewöhnlicher Temperatur, unter starker Wärmeentwicklung, bei größeren Mengen unter Explosion zu Antimoniodür, SbI_3, welches durch Destillation vom überschüssigen Antimon befreit eine krystallinische, braun-rothe, halbmetallglänzende Masse bildet, beim Erhitzen schwarz-roth wird, bei starker Hitze zu einer dunkel granatrothen Flüssigkeit schmilzt und violett-rothe, bei stärkerem Erhitzen mehr scharlachrothe Dämpfe entwickelt und als scharlachrother Ueberzug sublimirt oder als rothe Flüssigkeit überdestillirt; es wird von Salpetersäure gelb gefärbt und beim Erhitzen, sowie auch durch kalte Schwefelsäure mit Heftigkeit und unter Freiwerden von Jod zersetzt, ist in Salzsäure zu einer gelben, durch Wasser weiß gefällten Flüssigkeit löslich, giebt mit wässerigem Ammoniak unter Abscheidung eines gelbweißen Pulvers Jodammonium und zerfällt durch Wasser in Oxyiodür und eine Lösung von Antimonoxyd in Jodwasserstoff.

Das Antimonoxyiodür verhält sich dem Oxychlorür und Oxybromür analog, giebt aber bei Behandlung mit kochendem Wasser, nachdem dieses nicht mehr sauer reagirt, beim Erkalten der Flüssigkeit glimmerartige Blättchen.

Fluorantimon.

§. 331. Antimon mit Fluorquecksilber destillirt giebt Antimonfluorür, SbF_3; dieses ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, schneeweiß, schwerer als Wasser, leichter als Schwefelsäure flüchtig, schmeckt wie Brechweinstein und löst sich leicht und ohne Zersetzung in Wasser, woraus es beim Verdunsten in farblosen Krystallen anschießt.

Antimonige Säure und Antimonsäure lösen sich leicht in Fluorwasserstoffsäure zu Antimonsuperfluorür, SbF_4, und Antimonfluorid, SbF_5, welche sich mit anderen Fluormetallen verbinden lassen.

Antimon und Kieszeuger.

Schwefelantimon (vergl. Bd. 3, S. 383—404).

§. 332. Das Antimon verbindet sich mit Schwefel beim Zusammenschmelzen unter schwacher Feuererscheinung zu krystallinischem Antimonsulphür, SbS_3 (vergl. a. a. O. S. 383—386); dieses verbrennt bei starkem Erhitzen an der Luft mit blauer Flamme zu schwefeliger Säure und antimonsaurem Antimonoxyd, wird durch erhitzte Salpetersäure oder ein Gemische von Salpetersäure und verdünnter Schwefelsäure in Schwefel, salpetersaures und schwefelsaures Antimonoxyd und durch kochende Schwefelsäure in Schwefel, schwefelige Säure und saures schwefelsaures Antimonoxyd verwandelt, giebt, im erhitzten Zustand mit Wasserdampf in Berührung gebracht, Schwefelwasserstoff und eine sublimirte pomeranzengelbe Verbindung von Sulphür und Oxyd, mit salzsaurem Gas Schwefelwasserstoff und Chlorür, mit Chlor Chlorschwefel und Chlorür (vergl. unten), mit Wasserstoffgas Schwefelwasserstoff und Metall, mit Kohle Schwefelkohlenstoff und Metall, und mit Cyankalium Schwefelcyankalium und Metall, entläßt auch in der Glühhitze an viele Metalle den Schwefel, verpufft mit Salpeter in der Glühhitze zu salpetersaurem, schwefelsaurem und antimonsaurem Kali, bildet beim Glühen mit fixen Alkalien Antimonoxyd und Schwefelmetall, welches sich bei

überschüssigem Schwefelantimon mit diesem zu Antimonsulphür-Schwefelalkalimetall, das gebildete Oxyd aber mit dem unzersetzten Alkali oder überschüssigem Antimonsulphür verbindet, giebt beim Kochen mit Kalilauge, langsam mit wässerigen kohlensauren Alkalien, eine Auflösung von Antimonsulphür-Schwefelkalium mit wenig Antimonoxydkali, und hinterläßt ein gelb-braunes, aus Antimonoxydkali und Oxysulphür bestehendes Pulver, und löst sich nur wenig in Ammoniak. — Amorphes Antimonsulphür, SbS_3, wird auf die Bd. 3, S. 386 und 387, alkalihaltig durch Kochen des feingepulverten Schwefelantimons mit einer verdünnten Lösung von kohlensaurem Natron und Erkalten des Filtrates erhalten (über oxydhaltiges Antimonsulphür und verschiedene dieses enthaltende Präparate vergl. a. a. O. S. 387—397). Es zeigt dieselben Zersetzungen wie das krystallinische Sulphür, verglimmt an der Luft bei Berührung mit einem glühenden Körper zu schwefeliger Säure, Antimonsäure und Antimonoxyd, zerfällt im frisch gefällten Zustand beim Kochen mit viel Wasser in verschlossenen Gefäßen in Schwefelwasserstoff und gelöstes Antimonoxyd, löst sich in Ammoniak zu einer farblosen Flüssigkeit, die an der Luft wieder Sulphür fallen läßt, bildet im feuchten Zustand mit Kalihydrat eine citronengelbe Masse, die an Wasser Schwefelantimon, Schwefelkalium und etwas Antimonoxydkali abgiebt und ein gelbes Gemenge von Antimonoxykali und Oxysulphuret hinterläßt, und löst sich in Schwefelammonium. Das Antimonsulphür bildet mit den basischen Schwefelmetallen die Antimonsulphür-Schwefelmetalle oder antimonigschwefeligen Salze, Sulphantimonites, die häufig in der Natur vorkommen. Die durch Zusammenschmelzen erhaltenen Verbindungen mit den Schwefelalkalimetallen bilden die Spießglanzleber (vergl. Bd. 3, S. 397).

Natürlich vorkommende Verbindungen des Antimonsulphürs mit Antimonoxyd sind das Rothspießglanzerz (SbO_3, $2\,SbS_3$) und mit Schwefelmetallen der Zinkenit ($4\,PS$, $3\,SbS_3$), Jamesonit ($3\,PbS$, $2\,SbS_3$), das Federerz ($2\,PbS$, SbS_3), der Boulangerit ($3\,PbS$, SbS_3), Geokrokonit ($5\,PbS$, SbS_3), Bournonit ($3\,CuS$, $6\,PbS$, $3\,SbS_3$), Kupferantimonglanz (CuS, SbS_3), Berthierit (FeS, SbS_3), Kobellit ($3\,FeS$, $12\,PbS$, $8\,Bi_2S_3$, $2\,SbS_3$), Miargyrit (AgS, SbS_3), das dunkle Rothgültigerz ($3\,AgS$, SbS_3), Sprödglaserz ($6\,AgS$, SbS_3) und Schilfglaserz ($5\,AgS$, $7\,PbS$, $4\,SbS_3$). Antimonsulphür und Arsensupersulphür vertreten sich oft in diesen Schwefelsalzen ohne Veränderung der Krystallform und finden sich oft neben einander, wie im Polybasit ($9\,AgS$, $9\,CuS$, SbS_3, AsS_3) und in den Fahlerzen ($4\,FeS$, $4\,ZnS$, $4\,CuS$, $3\,SbS_3$, $3\,AsS_3$).

§. 333. Das Antimonsulphid, SbS_5 (vergl. Bd. 3, S. 397—404) zerfällt beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen in krystallinisches Schwefelantimon und in Schwefel, verbrennt an der Luft unter Aufblähen mit Flamme, oxydirt sich im feuchten Zustand zum Theil ziemlich rasch in Antimonoxyd, wird durch wässeriges Chlor und Salpetersäure blässer und durch kalte Salzsäure grau gefärbt, durch kochende unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Ausscheidung von Schwefel gelöst, ist in Ammoniakflüssigkeit, sehr leicht in Natronlauge und unter Abscheidung von antimonsaurem Kali in mäßig starker Kalilauge löslich (aus der farblosen, ammoniakalischen Lösung wird es bei Säurezusatz unverändert und aus der mäßig verdünnten kalischen Lösung durch saures kohlensaures Kali eine Verbindung von Antimonsulphid-Schwefelkalium mit antimonsaurem Kali niedergeschlagen), löst

sich auch in wässerigem kohlensaurem Kali und in Barytwasser, wird durch Lösungen von salpetersaurem Silber oder schwefelsaurem Kupfer in Schwefelantimonmetalle und Antimonsäure verwandelt, bildet mit Quecksilberchlorür (als sog. Plummer'sches Pulver) Schwefelquecksilber und Chorantimon, und giebt an kochenden Schwefelkohlenstoff oder siedendes Terpenthinöl Schwefel ab. Das Antimonsulphid bildet mit den basischen Schwefelmetallen die Antimonsulphid-Schwefelmetalle oder Antimonschwefelsalze, Sulphantimoniates, welche auf 1 Aequiv. Sulphosäure gewöhnlich 3 Aequiv. Sulphobase enthalten; die Verbindungen der leichten Metalle sind farblos oder gelblich, zersetzen sich nicht beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen und sind in Wasser, nicht in Weingeist löslich; die wässerigen Lösungen zersetzen sich langsam an der Luft unter Bildung von kohlensaurem und unterschwefeligsaurem Salz und Abscheidung von amorphem Sulphür, und lassen bei Zusatz von Säuren, selbst durch Kohlensäure Sulphid fallen; die Verbindungen mit den schweren Metallen sind gelb, rothgelb, braun oder schwarz, entwickeln beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen Schwefel und hinterlassen Antimonsulphür-Schwefelmetalle, und sind meist in Wasser unlöslich.

Man erhält die Antimonsulphid-Schwefelmetalle durch Zusammenschmelzen von Antimonsulphid oder einem Gemenge von Sulphür und Schwefel mit einem Schwefelalkalimetall, oder mit einem Gemenge von Kohle und kohlensaurem oder schwefelsaurem Alkali, durch Lösen des Sulphides in wässerigen Schwefelmetallen oder in reinem oder kohlensaurem Alkali, oder durch Zersetzung der drittel-antimonsauren Alkalien mit Schwefelwasserstoff, oder durch doppelte Affinität aus gelösten Antimonsulphid-Schwefelalkalimetallen und gelösten Salze der schweren Metalloxyde (über die Natrium- und Calciumverbindung vergl. Bd. 3, S. 404—407).

§. 334. Antimonsupersulphür (SbS_4 oder SbS_3, SbS_5) wird durch Zersetzung des in Salzsäure gelösten antimonsauren Antimonoxydes mit Schwefelwasserstoff als ein gelb-rothes, dem Sulphid ähnliches Pulver erhalten; es zerfällt beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen in Schwefel und krystallinisches Sulphür, und löst sich unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Abscheidung von Schwefel in Salzsäure und mit gelber Farbe in Ammoniakflüssigkeit.

Antimonchlorid-Schwefelsuperchlorür ($SbCl_5, 3\,SCl_2$) bildet sich bei der Einwirkung von Chlorgas auf erwärmtes Antimonsulphür, ist ein weißes, nicht krystallinisches Pulver, zerfällt beim Erhitzen in Chlorschwefel, Chlor und Antimonchlorür, durch Wasser in Salzsäure, Antimonsäure, Schwefelsäure und unterschwefelige Säure, löst sich in sehr verdünnter Salpetersäure unter Entwicklung salpetriger Säure und ohne Abscheidung von Antimonsäure, und absorbirt eine große Menge Ammoniakgas.

Antimonchlorür-Sulphür entsteht bei der Zersetzung der sauren Lösung des Antimonoxydes in Salzsäure mit Schwefelwasserstoff als ein lebhaft gelb-rother Niederschlag, der nach dem Trocknen beim Erhitzen Antimonchlorür entwickelt und gegen 90% Sulphür hinterläßt.

Jod-Antimonsulphür ($SbS_3\,I_3$?) bildet sich beim Erhitzen eines Gemenges von Jod und schwarzem Antimonsulphür in glänzenden, durchsichtigen, blutrothen Blättern und Nadeln, ist schmelzbar und unzersetzt flüchtig, riecht unangenehm und schmeckt widrig stechend, zerfällt beim Erhitzen an der Luft in Jod, Schwefel, schwefelige Säure,

Antimon und Antimonoxyd, durch Wasser in Jodwasserstoff, Schwefel und Antimonoxyd, und löst sich unter Abscheidung von Jod, zum Theil auch von Schwefel, in Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure und Königswasser.

Antimoniodür-Sulphür, wird aus der stark verdünnten Lösung des Antimoniodürs in Salzsäure durch Schwefelwasserstoff niedergeschlagen.

Selenantimon.

§. 335. Antimon verbindet sich beim Erhitzen leicht und unter bis zum Erglühen gesteigerter Wärmeentwicklung mit dem Selen zu Antimonselenür, $SbSe_3$ (welches sich auch bei der Zersetzung der Brechweinsteinlösung mit Selenwasserstoff niederschlägt), stellt eine bleigraue, krystallinische, schmelzbare Masse dar und bedeckt sich beim Erhitzen an der Luft unter Freiwerden von etwas Selen mit einer glasigen Schlacke.

Antimonoxyselenür wird durch Zusammenschmelzen des Selenürs mit dem Oxyd als eine bräunlich-gelbe, durchscheinende, dem Spießglanzglas (vergl. Bd. 3, S. 396) ähnliche Masse erhalten.

Tellurantimon ist unbekannt.

Antimon und Erzzeuger.

Phosphorantimon.

§. 336. Diese Verbindung bildet sich beim Aufwerfen von Phosphor auf schmelzendes Antimon oder beim Schmelzen von Antimon und glasiger Phosphorsäure mit etwas Kohlenpulver, ist weiß, spröde, metallglänzend, von blätterigem Bruch und giebt auf glühenden Kohlen eine kleine grünliche Flamme.

Arsenantimon. Diese Verbindung ($SbAs_3$) findet sich natürlich und kann auch künstlich dargestellt werden, ist hart, spröde und leicht

XV. und XVI. Vom Bor und Kiesel.

§. 337. Beide Stoffe stimmen insbesondere darin überein, daß sie in der Natur stets mit Sauerstoff verbunden vorkommen und sich nur in einem Verhältnisse mit Sauerstoff (und anderen mit ihnen verbindbaren Elementen) verbinden, die Oxyde ganz analog zusammengesetzt und von saurer Natur sind und mit basischen Oxyden in der Glühhitze glasige Massen bilden, und die analog zusammengesetzten Verbindungen beider Stoffe mit Fluor von luftförmiger Beschaffenheit sind und sich mit basischen Fluormetallen zu Doppelverbindungen vereinigen. Bor und Kiesel können wegen der Eigenschaft ihrer Oxyde, mit basischen Körpern glasige Massen zu bilden, Glaszeuger oder Glasbilder genannt werden.

Die Gruppe der Glaszeuger ist noch unvollständig, doch läßt sich das Tantal ihnen anreihen, da es mit Sauerstoff und Fluor dem Bor und Kiesel analoge Verbindungen eingeht.

schmelzbar.

A. Vom Bor.

Symb. und Aequiv. $B = 10{,}914$. Atomengew. $(H = 1{,}0)$ 21,828, $(O = 100{,}0)$ 136,204. Spec. Gewicht und spec. Wärme?

§. 338. Das Bor bildet eine zerreibliche, dunkel grünlich-braune, undurchsichtige, das Glas nicht ritzende Masse, ist schwerer als Schwefelsäure (wenn es bei abgehaltener Luft der Weißglühhitze ausgesetzt worden ist), ohne Geruch und Geschmack, unschmelzbar und nicht flüchtig, und leitet

nicht die Elektricität; es löst sich im frisch bereiteten, ungeglühten Zustand mit grünlich-gelber Farbe in Wasser, woraus es durch Säuren und Salze abgeschieden wird. — Es verbindet sich nur mit Sauerstoff, Stickstoff, Chlor, Fluor und Schwefel.

Man erhält das Bor durch Zersetzung der verglasten Borsäure mit Kalium in der Rothglühhitze und Behandlung der Masse mit verdünnter Salzsäure und mit Wasser, oder durch Leiten von reinem Fluorborgas (welches zur Entfernung des Fluorkieses und der schwefeligen Säure erst durch eine mit Bleisuperoxyd angefüllte Röhre geleitet wird) über erhitztes Kalium, oder durch Zersetzung des Fluorborkaliums mit Kalium in der Glühhitze, Auslaugen der Masse mit salmiakhaltigem Wasser und Glühen des Rückstandes in Wasserstoffgas, oder durch Zersetzung des Chlorborhydrates mit Wasserstoffgas in der Rothglühhitze.

Bor und Sauerstoff.

§. 339. Das Bor verändert sich nicht bei gewöhnlicher Temperatur in Wasser, atmosphärischer Luft oder Sauerstoffgas; wird es aber bis 300° erhitzt, so verbrennt es unter lebhaftem Funkensprühen an der Luft mit röthlichem, in Sauerstoffgas mit glänzendem Licht zu Borsäure, BO_3; diese bildet sich auch bei der Behandlung des Bors mit siedender Schwefelsäure oder kalter Salpetersäure, und bei der Einwirkung glühender kohlensaurer, schwefeligsaurer, schwefelsaurer, salpetrigsaurer und salpetersaurer Alkalien und verschiedener Metalloxyde auf Bor.

Der beim Verbrennen des Bors hinterbleibende, mit verglaster Borsäure überzogene schwarze Körper soll nach einigen Chemikern ein Borsuboxyd, B_2O, nach Anderen aber Bor sein, welches sich durch die schwarze Farbe und die schwierige Entzündlichkeit von dem gewöhnlichen unterscheidet.

Borsäure (vergl. Bd. 3, S. 185 und 186, und Bd. 2, §. 332).

31,26 — 10,914	Bor	1 Vol.	Borgas?
68,74 — 24,000	Sauerstoff	3 „	Sauerstoffgas
100,00 — 34,914	Borsäure:	? Vol.	Borsäuregas?

Symb. und Aequiv. $BO_3 = 34{,}914$. Atom. BO_3.

§. 340. Die Borsäure hat auf nassem Wege wenig Affinität zu den basischen Oxyden, während sie auf trocknem Wege die stärksten Säuren aus ihren Verbindungen austreibt und mit den Basen die borsauren Salze, Borales, bildet, welche auf 1 Aequiv. Basis $^2/_3$, 1, $1^1/_3$, $1^1/_2$, 2, 3, 4 oder 6 Aequiv. Säure enthalten können, meist zu einem durchsichtigen, durch Metalloxyde verschiedenartig gefärbten Glase schmelzbar sind und nicht durch Kohle oder Phosphor in der Glühhitze, aber durch die meisten Säuren auf nassem Wege zersetzt werden, beim Vermischen mit Schwefelsäure und Weingeist angezündet eine grüne Flamme geben und mit saurem schwefelsaurem Kali vermischt, auf einem Platindraht erhitzt die Löthrohrflamme grün färben; die borsauren Salze sind, mit Ausnahme der Alkalisalze, nur schwierig in Wasser, leicht in Säuren löslich; die wässerigen und salpetersauren Lösungen geben mit Silber- und Bleisalzen weiße Niederschläge und die sauren Lösungen scheiden auf Zusatz von Alkalien die gelösten borsauren Salze mit ihrem ganzen oder theilweisen Säuregehalt als Niederschläge ab.

Man erhält die borsauren Salze durch Sättigung der Säure mit dem reinen oder kohlensauren Alkali oder durch Zusammenschmelzen der Säure mit reinem oder mit einer Säure verbundenem Metalloxyd oder durch doppelte Affinität.

Bor und Stickstoff.

§. 341. Bor und Stickstoff wirken unmittelbar nicht auf einander; wird aber ein Gemenge von 7 Th. wasserfreier Borsäure, 58 Th. Cyanquecksilber und 5 Th. Schwefel der Glühhitze ausgesetzt, so erhält man Borstickstoff (BN?) als ein weißes, sehr lockeres feuerbeständiges Pulver, welches vor dem Löthrohr mit grüner Flamme verbrennt, unlöslich in Wasser ist und durch Kalihydrat in Borsäure und Ammoniak zerfällt.

Der Borstickstoff verbindet sich dem Cyan analog mit Metallen; die Kaliumverbindung erhält man durch Zusammenschmelzen von 7 Th. wasserfreier Borsäure mit 20 Th. Cyankalium als eine weiße poröse, unschmelzbare Masse.

Bor und Chlor.

§. 342. Das ungeglühte Bor entzündet sich bei gewöhnlicher Temperatur, das geglühte bei erhöhter Temperatur in Chlorgas und verbrennt lebhaft zu Borchlorid, BCl_3, welches sich auch beim Leiten von Chlorgas über ein glühendes Gemenge von Borsäure und Kohle bildet, ein farbloses, an der Luft starke weiße Nebel bildendes, stechend sauer riechendes Gas darstellt, von Wasser unter Bildung von Salzsäure und Borsäure und von Weingeist absorbirt wird, mit wenig Wasser ein Hydrat bildet und sich mit Ammoniak verbindet.

Verbindungen des Bors mit Brom und Jod sind unbekannt.

Bor und Fluor.

§. 343. Wird wasserfreie Borsäure mit der doppelten Menge Flußspath der Weißglühhitze ausgesetzt oder 1 Th. wasserfreie Borsäure und 2 Th. Flußspath mit 12 Th. Schwefelsäure gelinde erhitzt, so bildet sich Fluorbor, BF_3, als ein farbloses Gas von 2,32 spec. Gewicht; es ist weder brennbar noch zündend, bildet an feuchter Luft dicke weiße Nebel, riecht stechend, höchst erstickend, röthet stark Lakmustinktur, verkohlt schnell organische Stoffe, wird unter Bildung von Fluorwasserstoffsäure und Borsäure mit beträchtlicher Erhitzung in reichlicher Menge von Wasser absorbirt, verwandelt erhitztes Kalium oder Natrium, welche darin mit lebhafter röthlicher Flamme verbrennen, in eine braune schmelzbare Masse, welche ein Gemenge von Fluorkalium und Bor zu sein scheint, und verbindet sich mit Ammoniak in 3 verschiedenen Verhältnissen zu festen oder flüssigen Körpern.

Die gesättigte Lösung des Fluorbors in Wasser, die sog. Borfluorwasserstoffsäure, läßt sich als dreifach-fluorwasserstoffsaure Borsäure ($BO_3,3FH$) betrachten, ist von 1,77 spec. Gewicht ölig, farblos, rauchend, sehr ätzend und verkohlt organische Stoffe, entläßt in der Siedhitze $^1/_5$ Fluorbor und destillirt dann als Ganzes über 100° über; wird sie mit Wasser vermischt, so scheidet sich ein Theil Borsäure ab und es bleibt vierfach-fluorwasserstoffsaure Borsäure ($BO_3,4FH$) gelöst, die beim Verdampfen $^1/_4$ Fluorwasserstoffsäure entläßt.

§. 344. Das Fluorbor verbindet sich mit vielen Fluormetallen zu den Fluormetallen, Borofluoreta, welche zum Theil krystallisirbar sind, bei der Glühhitze in Fluorbor und Fluormetalle zerfallen, bei der Behandlung mit Schwefelsäure Fluorborgas, Fluorwasserstoffsäure, Borsäure und schwefelsaures Metalloxyd geben und größtentheils in Wasser löslich sind, wo sie dann, oder wenn sie mit Wasser krystallisiren, als fluorwasserstoffsaure borsaure Salze, Hydrofluoroborates, betrachtet werden können.

Man erhält die Fluorbormetalle durch Zusammenbringen eines Fluormetalles mit dreifach-fluorwasserstoffsaurer Borsäure oder durch Auflösen

eines Metalloxydes in vierfach-fluorwasserstoffsaurer Borsäure oder durch Zusammenbringen eines Fluorwasserstoff-Fluormetalles mit Borsäure.

Bor und Schwefel.

§. 345. Das bis zum Glühen erhitzte Bor entzündet sich in Schwefeldampf und verbrennt zu Schwefelbor (BS_3?), welches weiß und undurchsichtig ist und sich in Wasser mit Heftigkeit unter Bildung von Schwefelwasserstoff und Borsäure auflöst.

B. Vom Kiesel oder Silicium.

Symb. und Aequiv. Si = 22,221. Atomengew. (H = 1) 44,442 oder (O = 100,0) 277,312. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 346. Der Kiesel stellt ein dunkelbraunes, vor dem Glühen helleres, selbst unter dem Polirstahl keinen Glanz annehmendes, stark schmutzendes, in Schwefelsäure untersinkendes Pulver dar, welches weder schmelzbar noch flüchtig ist, nicht die Elektricität leitet und geruch- und geschmacklos ist. Er verbindet sich mit Sauerstoff, Wasserstoff (Kohlenstoff?), Chlor, Brom, Fluor und Schwefel, sowie auch mit Kalium.

Man erhält den Kiesel durch Erhitzen von Kalium in Fluorsiliciumgas, Auswaschen der Masse mit Wasser und beinahe bis zum Glühen gesteigerte Erhitzung des getrockneten Rückstandes, oder durch Erhitzung eines Gemenges von Fluorsiliciumkalium und Kalium, Auswaschen der Masse mit Wasser u. s. w., oder durch Leiten von dampfförmigem Chlorsilicium über erhitztes Kalium und Behandlung der Masse mit Wasser.

Kiesel und Sauerstoff.

§. 347. Der Kiesel verbindet sich nur schwierig mit Sauerstoff; ist er durch allmäliges Erhitzen bis zum Weißglühen von Wasserstoff befreit worden, so ist er bei der Glühhitze in atmosphärischer Luft und in Sauerstoffgas unveränderlich, während er zuvor dabei verglimmt und in Kieselerde, SiO_3, verwandelt wird; diese bildet sich auch beim Erhitzen des Kiesels mit reinen und kohlensauren Alkalien, oder mit salpetersaurem Kali, und beim Lösen desselben in einem Gemische von Fluorwasserstoffsäure und Salpetersäure, oder durch Zersetzung des Fluorsiliciums mit Wasser.

Kieselerde, Kieselsäure, Siliciumoxyd. (Vergl. Bd. 3, S. 186 und 187).

48,08	—	22,221	Kiesel	1 Vol.	Kieselgas?
51,92	—	24,000	Sauerstoff	3 „	Sauerstoffgas
100,00	—	48,221	Kieselerde	? Vol.	Kieselerdedampf.

Symb. und Aequiv. SiO_3 = 48,221. Atom. SiO_3.

§. 348. Die Kieselerde kann in zwei Zuständen existiren; α Kieselerde ist die gewöhnliche, β Kieselerde die durch Zersetzung des Schwefel- oder Fluorsiliciums mit Wasser erhaltene, die in Wasser gelöst bleibt und beim Verdunsten der Lösung als eine ganz amorphe Gallerte zurückbleibt und durch Behandlung mit kochenden Säuren in α Kieselerde, diese aber durch Alkalien in β Kieselerde verwandelt wird.

Die Kieselerde giebt mit Kalium in der Weißglühhitze kieselsaures Kali und Kieselkalium, mit Kohle bei Gegenwart von Eisen, Kupfer oder Silber Kohlenoxyd und kieselhaltige Metalle, und beim Lösen in Fluorwasserstoffsäure Fluorsilicium und Wasser.

§. 349. Die Kieselsäure hat auf nassem Wege sehr wenig Affinität zu den basischen Oxyden, da sie selbst die Kohlensäure aus ihren Verbindungen nicht austreibt; auf trocknem Wege aber zersetzt sie schon beim schwachen

Glühen die kohlensauren und bei stärkerem Glühen selbst die schwefelsauren Alkalien, mit deren Basen sie kieselsaure Salze, Silicates, bildet, die in verschiedenen Verbindungsverhältnissen existiren und als neutral betrachtet werden, wenn sich der Sauerstoff der Säure zu dem der Basis wie 3 : 1 verhält; sie finden sich sehr häufig in der Natur und bilden überhaupt einen großen Theil der Mineralien, theils als kieselsaure einfache, theils als kieselsaure Doppelsalze ohne und mit Wasser. Sie sind mit Ausnahme der basischen Alkalisalze in Wasser unlöslich, sämmtlich schmelzbar und in der Glühhitze nicht zersetzbar, und werden durch Salzsäure (und auch durch wenig verdünnte Schwefelsäure nach längerer Digestion) zersetzt, indem diese entweder die Basis auflöst und Kieselsäure zurückläßt, oder letztere auch theilweise oder gänzlich gelöst wird (die meisten natürlich vorkommenden Silicate, einige künstlich bereitete und geglühte sind durch Säuren nicht zersetzbar; alle kieselsauren Salze werden aber durch Schmelzen mit reinen oder kohlensauren Alkalien, ätzenden alkalischen Erden und Bleioxyd in Salzsäure löslich); alle kieselsauren Salze geben bei der Erwärmung mit Flußspath und Schwefelsäure oder beim Uebergießen mit concentrirter Fluorwasserstoffsäure Fluorsilicium, werden vor dem Löthrohr durch phosphorsaures Natron-Ammoniak unter Abscheidung der Kieselerde zersetzt und geben beim Schmelzen mit kohlensaurem Alkali unter Entwicklung der Kohlensäure theils klare (wie die Salze der Alkalien und meisten schweren Metalloxyde), theils mehr oder minder helle (wie die Salze der erdigen Alkalien und Erden) Glasperlen.

Man erhält die kieselsauren (Alkalien auch auf nassem Wege) Salze nur durch Zusammenschmelzen, und beim Erstarren werden sie meist krystallinisch; manche krystallisiren dabei auch in derselben Form, wie die natürlich vorkommenden kieselsauren Salze.

Wasserstoff-Kiesel bildet sich bei der Zersetzung des Fluorsiliciums durch Kalium und Auswaschen der braunen Masse mit Wasser; nach der Behandlung mit wässeriger Fluorwasserstoffsäure, wodurch er von beigemengter Kieselerde befreit wird, verbrennt er beim raschen Erhitzen bis zum Glühen mit großer Lebhaftigkeit, besonders in reinem Sauerstoffgas, und entläßt beim langsamen Erhitzen bis zum Weißglühen den Wasserstoff.

Kohlenstoff-Kiesel bildet sich, wenn Fluorsiliciumkalium durch kohlenstoffhaltiges Kalium zersetzt wird, ist mit Kiesel vermengt und dunkler als dieser, und giebt beim Verbrennen ohne Gewichtsveränderung Kohlensäure und ein Gemenge von reinem und oxydirtem Kiesel.

Kiesel und Chlor.

§. 350. Der reine oder wasserstoffhaltige Kiesel entzündet sich beim Erhitzen in Chlorgas und verbrennt zu Chlorsilicium oder Kieselchlorid, $SiCl_3$, welches man durch Leiten von Chlorgas über ein stark glühendes Gemenge von Kieselerde und Kohle als eine wasserhelle Flüssigkeit, deren spec. Gewicht zwischen dem des Wassers und dem des Schwefelsäurehydrates liegt, erhält; es erstarrt noch nicht bei — 20°, siedet bei 50°, verdampft fast augenblicklich an der Luft in weißen Nebeln, Kieselerde zurücklassend, riecht erstickend und röthet Lakmuspapier; es wird durch Wasser oder Schwefelsäurehydrat unter Bildung von Kieselerde und Salzsäure zersetzt, und Kalium in dem Dampf erhitzt, verbrennt unter Abscheidung von Kiesel zu Chlorkalium.

Viel Wasser löst das damit in Berührung gesetzte Chlorsilicium fast vollständig auf, während durch wenig Wasser eine aufgequollene Gallerte entsteht.

Das **Bromsilicium** oder **Kieselbromid**, $SiBr_3$, wird wie das Chlorsilicium erhalten und bildet eine farblose, in Schwefelsäure untersinkende Flüssigkeit, die bei — 15° erstarrt, bei 150° siedet, sich dem Kieselchlorid analog verhält und mit Kalium beim gelinden Erwärmen heftig verpufft. — **Jodsilicium** ist unbekannt.

Kiesel und Fluor.

§. 351. Wird Kieselerde oder irgend ein Silicat mit Fluorwasserstoffsäure übergossen, so bildet sich **Fluorsilicium** oder **Kieselfluorid**, SiF_3, welches am einfachsten durch gelinde Erwärmung eines Gemisches aus Flußspathpulver und Sand mit concentrirter Schwefelsäure erhalten und über Quecksilber aufgesammelt wird; es stellt ein farbloses Gas von 3,6 spec. Gewicht dar, bildet an der Luft weiße Nebel, riecht eigenthümlich stechend und erstickend, röthet Lakmuspapier, ist nicht brennbar und unterhält nicht das Verbrennen brennender Körper, wird in großer Masse unter Bildung von Kieselerde und Fluorwasserstoffsäure von Wasser gelöst und langsam unter Aufschwellen von krystallisirter Borsäure absorbirt, bildet mit wässerigen salzfähigen Basen unter gänzlicher oder theilweiser Abscheidung von Kieselerde Fluormetalle oder Kieselfluormetalle, wird von den trocknen basischen Oxyden unter Wärme- oder Feuerentwicklung absorbirt, wirkt bei gewöhnlicher Temperatur nicht auf Kalium oder Natrium, entzündet aber diese Metalle beim Erhitzen unter Abscheidung von Kiesel und Bildung von Fluormetall und Kieselfluormetall, wird nur wenig von glühendem Eisen zersetzt und verbindet sich mit Ammoniak zu einer trocknen, weißen, durch Wasser zersetzbaren Masse.

Die bei der Zersetzung des Fluorsiliciums durch Wasser sich bildende Lösung der Kieselerde in Fluorwasserstoffsäure ist als **Kieselfluorwasserstoffsäure** bekannt und läßt sich als **dreifach-fluorwasserstoffsaure Kieselsäure** (SiO_3,3FH) betrachten; sie hat einen sauren, der Salzsäure ähnlichen Geschmack, reizt die Haut, röthet Lakmus, verdampft bei 40° langsam, aber vollständig, zieht aus der Luft bis zu einer gewissen Verdünnung Wasser an und entläßt dieses bei gelinder Entwärmung zuerst wieder, bildet mit Borsäure unter Abscheidung der Kieselerde fluorwasserstoffsaure Borsäure, entwickelt beim Vermischen mit Schwefelsäure Fluorsilicium, bildet mit überschüssigem Ammoniak und Natron unter Abscheidung der ganzen Kieselerde Fluormetalle und giebt mit den Salzen von Kali, Natron und Ammoniak einen durchsichtigen, gallertartigen, kaum bemerklichen, bei durchfallendem Licht schimmernden und mit Barytsalzen einen nach einigen Augenblicken bemerklichen krystallinischen Niederschlag von Fluorsiliciummetall.

§. 352. Das Kieselfluorid bildet mit den basischen Fluormetallen die **Kieselfluormetalle** oder **Fluorsiliciummetalle**, Siliciofluorides; diese röthen Lakmus, schmecken meist säuerlich bitter, zerfallen beim Glühen in Fluorsilicium und Fluormetall, geben beim Erhitzen mit Kalium Kiesel, Fluorkalium und Fluormetall oder (durch weitere Zersetzung desselben Fluorkalium und) Metall, werden durch Schwefelsäure gänzlich, durch Salpetersäure und Salzsäure theilweise unter Entwicklung von Fluorsilicium zersetzt und geben beim Kochen mit wässerigen Alkalien unter Abscheidung von Kieselerde Fluormetalle.

Man erhält die Kieselfluormetalle durch Lösen der reinen oder kohlensauren Oxyde oder der Metalle (wie Eisen und Zink) in Kieselfluorwasserstoffsäure, bis diese beinahe gesättigt ist, und Verdampfen, oder

durch Einwirkung von Fluorsilicium auf Fluormetalle oder auf reine oder kohlensaure Oxyde.

Kiesel und Schwefel.

§. 353. Wird Kiesel in Schwefeldampf bis zum Glühen erhitzt oder über weißglühenden Kiesel Schwefeldampf geleitet, so bildet sich unter Feuerentwicklung Schwefelsilicium oder Kieselsulphid, SiS_3; dieses ist weiß und erdig, verändert sich nicht an trockner Luft, verwandelt sich an feuchter Luft unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff in Kieselerde, verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu schwefeliger Säure und Kieselerde und löst sich vollständig in Wasser unter Bildung von Schwefelwasserstoff und Kieselerde. Das Schwefelsilicium verbindet sich mit Schwefelkalium.

B. Metallische Stoffe.

§. 354. Die 45 (oder, wenn Arsen, Antimon und Tellur zu ihnen gerechnet werden, 48) einfachen Stoffe, welche man Metalle nennt, zeichnen sich im Allgemeinen dadurch aus, daß sie, mit Ausnahme des erst bei — 40° erstarrenden Quecksilbers, bei gewöhnlicher Temperatur immer fest sind, meist aber bei einer mehr oder minder hohen Temperatur unter verschiedener Raumvergrößerung in den tropfbar-flüssigen Zustand und mehrere sich sogar in Dampf verwandeln lassen d. h. flüchtig sind, einen eigenthümlichen Glanz besitzen, undurchsichtig, krystallisirbar, mehr oder minder dehnbar und die besten Leiter für Wärme und Elektricität sind und ohne Stattfinden einer chemischen Verbindung keine wirkliche Auflösung mit irgend einem Körper eingehen.

Die angegebenen allgemeinen Eigenschaften der Metalle zeigen sich bei den einzelnen in abweichenden Modificationen. So schmilzt Quecksilber schon bei — 40°, Kalium und Natrium unter 100°, Zink, Cadmium, Blei, Wismuth und Zinn zwischen 200 und 420°, Kupfer, Silber und Gold erst über 1000°, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel u. m. a. nur bei anhaltendem Ofenfeuer, Platin, Palladium, Molybdän und Chrom erst im Sauerstoffgasgebläse, und Irid gar nicht; man unterscheidet hiernach leicht schmelzbare und schwer schmelzbare Metalle. Einige Metalle werden vor dem Schmelzen weich und lassen sich in diesem Zustand durch Druck oder Schlag schweißen, d. h. zu einem Ganzen vereinigen; solche Metalle, wohin das Eisen, Palladium und Platin gehören, heißen schweißbare Metalle. Quecksilber ist schon bei gewöhnlicher Temperatur flüchtig (Gold in einiger Höhe über Quecksilber aufgehangen, ist nach einiger Zeit amalgamirt), Kalium, Natrium, Zink und Cadmium bei gewöhnlichem Ofenfeuer, und heißen deßhalb flüchtige Metalle, während die meisten Metalle bei den gewöhnlichen Hitzgraden, feuerbeständig sind und deßhalb feuerbeständige oder nicht flüchtige Metalle genannt werden. Krystallisirte Metalle erhält man durch Schmelzen, theilweises Erkalten und Abgießen des noch flüssigen Theils gewöhnlich in Würfeln oder Oktaëdern (z. B. sehr schön krystallisirt auf diese Weise das Wismuth) oder bei der Zersetzung verschiedener ihrer Salze durch Galvanismus, finden sich aber auch in der Natur vor. Die Ausdehnung der Metalle durch die Wärme ist gewöhnlich für eine Reihe von Temperaturgraden constant; so ist der Ausdehnungscoëfficient für Zink = 0,0000298, für Blei = 0,0000288, für Zinn = 0,000022, für Silber = 0,00002, für Kupfer = 0,000017, für Gold = 0,000015, für Eisen = 0,000012, für

Platin 0,0000087, für Quecksilber 0,00000835 (Anwendung des Quecksilbers zur Bestimmung der zwischen — 40° und + 360° liegenden Temperaturgrade). Die Dehnbarkeit der Metalle ist ebenfalls sehr verschieden; am dehnbarsten sind Gold, Silber, Kupfer, Platin und Eisen; in Platten ausdehnbar, aber schwierig zu Drähten ausziehbar sind Blei und Zinn; diese Metalle wurden früherhin vollkommene oder Ganz-Metalle, jetzt noch dehnbare und streckbare Metalle genannt; Wismuth und die sogenannten elektronegativen Metalle sind spröde und wurden deßhalb unvollkommene oder Halbmetalle, jetzt noch spröde Metalle genannt. Der Glanz der Metalle hängt mit ihrer Undurchsichtigkeit und der glatten Oberfläche zusammen, ist aber keine besondere Eigenschaft, da mehrere nicht metallische Stoffe, wie Selen, Jod und Arsen, und mehrere natürliche und künstliche Verbindungen, wie Schwefel- und Phosphormetalle, mit metallischem Glanz versehen sind und dieser selbst bei einigen Metallen fehlt; den stärksten Metallglanz besitzen Platin, Stahl und Silber; bei pulveriger Beschaffenheit fällt auch der Glanz der Metalle weg, welcher aber bei dem Druck mit dem Polirstahl, wodurch eine zusammenhängende glatte Oberfläche gebildet wird, wieder hervortritt. Die Undurchsichtigkeit ist eine Eigenschaft der meisten Metalle, doch sind manche in dünnen Blättern durchscheinend, wie Gold und Titan mit grüner, Platin (durch Reduktion auf Glas nach Bd. 3, S. 93 mit spiegelglänzender Oberfläche erhalten) mit grauer Farbe. Die Wärme- und Elektricitätleitende Kraft scheint allen Metallen zuzukommen, wenn sie im cohärenten Zustande sind; die besten Leiter für Wärme und Elektricität sind Kupfer, Silber und Gold (Elektricitätleitungsfähigkeit für Kupfer = 100, für Gold = 93, für Silber = 73, für Zink = 28, für Platin und Eisen = 16, für Zinn = 15, für Blei = 8, für Quecksilber = 3, für Kalium = 1,3; Wärmeleitungsfähigkeit für Gold = 100, für Silber = 97, für Platin = 98, für Kupfer = 90, für Eisen = 37, für Zink = 36, für Zinn = 30, für Blei = 18); in pulverförmiger Gestalt leiten aber die meisten Metalle Elektricität und Wärme schlecht, weßhalb man wohl an solchen Metallen, die noch nicht geschmolzen dargestellt werden konnten, kein Vermögen für Leitung der Elektricität beobachten konnte. Nur Eisen, Kobalt, Nickel und Mangan sind des Magnetismus fähig, d. h. sie werden allein vom Magnet angezogen und können dauernd magnetisch gemacht werden, weßhalb sie die magnetischen Metalle genannt werden können. Verschiedene Metalle, wie Eisen oder Zink, lösen sich in Säuren auf, wobei aber immer eine Zersetzung der Säure oder des vorhandenen Wassers und eine Verbindung des Metalles mit Sauerstoff oder einem Salzzeuger stattfindet und das neue Produkt erst von der Säure oder von dem vorhandenen Wasser gelöst wird.

§. 355. Die Metalle verbinden sich sämmtlich unmittelbar oder mittelbar mit Sauerstoff (vergl. §. 53) und meist diesem analog mit Chlor (vergl. §§. 128. 129), Brom (vergl. §§. 152. 153), Jod (vergl. §§. 165. 166), Fluor (vergl. §§. 187. 191), Schwefel (vergl. §§. 192—194) und Selen (vergl. §§. 236. 237), einige auch mit Tellur (vergl. §§. 256. 257), Phosphor (vergl. §. 274), Arsen (vergl. §. 297), Antimon (vergl. §. 318), Stickstoff (vergl. §. 84), Kohlenstoff (vergl. §. 108), Bor (vergl. §. 338), und Kiesel (vergl. §. 346), so wie auch häufig unter einander, die sog. Legirungen oder mit Quecksilber die sog. Amalgame bildend.

Die Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff entlassen diesen entweder schon bei einer gewissen Temperatur (auch durch Licht) vollständig oder sie halten ihn so fest, daß sie nur einen Theil desselben bei einer gewissen Temperatur oder vollständig durch Glühen mit Kohle oder anderen brennbaren Körpern ablassen; die ersteren, welche den Sauerstoff in der Hitze abgeben, werden edle, für sich reducirbare, die übrigen unedle, nicht für sich reducirbare Metalle genannt.

§. 356. Die Verbindungen der Metalle unter einander, die sog. Legirungen und Amalgame, von denen nur die der edlen Metalle im Naturreich vorkommen, bilden sich fast nur bei unmittelbarer Vereinigung (einige auch durch doppelte Affinität z. B. aus Quecksilberkalium und Chlorkupfer das Quecksilberkupfer und Chlorkalium).

Da die Verbindung zweier Metalle oft unter Wärme- und Lichtentwicklung stattfindet, dabei immer eine Verdichtung oder Ausdehnung, d. h. eine Vermehrung oder Verminderung des specifischen Gewichts, als nach dem spec. Gewichte der einzelnen Metalle zu berechnen wäre, stattfindet, die Farbe der Legirungen oft ganz von der der zusammengeschmolzenen Metalle verschieden, die Härte der Legirung auch meist größer als die ihrer Bestandtheile und sie fast ohne Ausnahme leichter schmelzbar ist, da ferner die Legirungen und Amalgame krystallisirt erhalten und sie auf mechanischem Wege, z. B. nach dem Pulvern durch Schlämmen, nicht getrennt werden können, so läßt sich wohl der Satz mit Sicherheit aufstellen, daß wenigstens die Mehrzahl derselben wirkliche chemische Verbindungen, aber nicht, wie man früher annahm, mechanische Mengungen, und andere, entweder Mengungen mehrerer chemischen Verbindungen, oder Lösungen einer in einem überschüssig zugesetzten Metall seien.

§. 357. Die Metalle unterscheiden sich bedeutend durch die ihnen eigenthümliche relative Schwere, d. h. durch das spec. Gewicht, welches zwischen 0,8 und 22,0 (Wasser = 1,0) liegt; man unterscheidet leichte Metalle, deren spec. Gewicht nicht höher als 5,0 ist, und schwere Metalle, deren spec. Gewicht über 5,0 beträgt, und ordnet dieselben in verschiedene Gruppen und Unterabtheilungen, so daß sich nach den Haupteigenschaften folgende natürliche Reihe aufstellen läßt.

I. Leichte Metalle.

Spec. Gewicht nicht über 5,0; alle zersetzen das Wasser entweder schon bei gewöhnlicher Temperatur oder vor dem Rothglühen und bilden mit Sauerstoff nur ein basisches Oxyd, das sich bei einigen auch wie eine schwache Säure verhält und, wie die Salze mit ungefärbter Säure, farblos ist.

a) Alkalimetalle.

Spec. Gew. unter 1,0; oxydiren sich schon bei der niedrigsten Temperatur an der Luft, zersetzen das Wasser unter Entwicklung von Wasserstoffgas, verbinden sich mit Sauerstoff und allen Zündern unter Lichtentwicklung, bilden mit 1 Aequiv. Sauerstoff ein basisches schmelzbares, in Wasser leicht lösliches Oxyd und mit Schwefel lösliche basische Schwefelmetalle.

Kalium, Natrium und Lithium. (Ammonium.)

b) Erdalkalimetalle.

Spec. Gewicht zwischen 2,0 und 4,0; oxydiren sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft, zersetzen das Wasser, verbrennen beim Erhitzen mit farbigem Licht, und bilden mit 1 Aequiv. Sauerstoff ein

basisches, unschmelzbares, in Wasser mehr oder minder lösliches Oxyd und mit Schwefel lösliche basische Schwefelmetalle.

Calcium, Strontium und Baryum.

c) Magnesium (vergl. unten am betr. Orte).

d) Erdmetalle.

Spec. Gewicht bis 5,0; sind theils pulverförmig, theils geschmolzen, oxydiren sich nur bei den höchsten Hitzgraden an der Luft, sind leichter in Chlorgas brennbar, zersetzen das Wasser nur beim Kochen oder unter Mitwirkung einer Säure, und bilden mit 1 oder $1\frac{1}{2}$ Aequiv. Sauerstoff basische, unschmelzbare, in Wasser unlösliche Oxyde und mit Schwefel durch Wasser zersetzt werdende Schwefelmetalle.

α) Metalle der eigentlichen Erden.

Die Oxyde bestehen aus gleichen Aequivalenten Metall und sind nur basischer Natur.

Yttrium, Erbium, Terbium und Thorium.

β) Metalle der dem Eisenoxyd ähnlichen Erden.

Die Oxyde bestehen aus zwei Aequiv. Metall und 3 Aequiv. Sauerstoff, verhalten sich basisch, zum Theil auch sauer, und bilden mit den Säuren den Eisenoxydsalzen isomorphe Verbindungen.

Alumium, Beryllium und Zirconium.

γ) Metalle der den schweren Metalloxyden ähnlichen Erden.

Bilden mit Sauerstoff ein, zum Theil auch zwei basische, farblose oder farbige Oxyde.

Lanthan, Didym und Cerium.

II. Schwere Metalle.

Spec. Gewicht über 5,0; bilden mit Sauerstoff oft mehrere basische, zum Theil schmelzbare, nicht oder nur schwierig in Wasser lösliche, aber auch saure Oxyde, und erstere mit den Säuren oft gefärbte Salze.

a) Unedle Metalle.

Spec. Gewicht zwischen 6,0 und 12,0; haben einen ausgezeichneten Metallglanz, oxydiren sich durch Erhitzen an der Luft, zersetzen in der Hitze oder unter Mitwirkung von Säuren sämmtlich das Wasser, bilden mit Sauerstoff basische, zum Theil auch saure Oxyde, welche in der Hitze den Sauerstoff gar nicht oder nur theilweise abgeben, und lösen sich ohne Ausnahme in Salpetersäure.

α) Schwierig schmelzbare Metalle.

Mangan, Eisen, Nickel, Kobalt, Kupfer und Uran.

β) Leicht schmelzbare Metalle.

Zink, Cadmium, Blei und Wismuth.

b) Edle Metalle.

Spec. Gewicht über 10,0; haben meist einen sehr starken Metallglanz und große Zähigkeit, sind mit Ausnahme des Quecksilbers strengflüssig und feuerbeständig, und oxydiren sich nicht (Quecksilber und Irid ausgenommen) beim Erhitzen an der Luft. Die Oxyde sind nur schwach basisch und können oft die Stelle von Säuren vertreten, und entlassen (mit Ausnahme von Irid und Osmium) in der Hitze den Sauerstoff; ihre Salze werden meist in der Hitze zersetzt.

Quecksilber, Silber, Palladium, Platin, Irid, Ruthen, Rhodium, Osmium und Gold.

c) Elektronegative Metalle.

Von verschiedenem spec. Gewicht; sie sind mit Ausnahme des Zinns

sehr spröde und strengflüssig, zersetzen das Wasser nur in der Rothglühhitze, aber nicht bei Gegenwart einer starken Säure in gewöhnlicher Temperatur, und bilden mit Sauerstoff schwach basische Oxyde oder nur Suboxyde, mit mehr Sauerstoff Säuren, welche gewöhnlich in Wasser unlöslich, feuerbeständig und neutral sind.

Zinn, Titan, Pelop, Niob, Tantal, Wolfram, Molybdän, Vanad und Chrom.

I. Leichte Metalle.

a) Von den Alkalimetallen.

§. 358. Die Alkalimetalle, das Kalium, Natrium und Lithium, zeichnen sich durch die weiße Farbe, den bedeutenden Metallglanz, die wachsartige Consistenz bei gewöhnlicher Temperatur, das geringe spec. Gewicht und die Flüchtigkeit bei schwacher Rothglühhitze, und besonders aber dadurch aus, daß sie die größte Verwandtschaft zu dem Sauerstoff äußern und diesen bei niedriger, gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur allen seinen Verbindungen entziehen. Sie können sich mit dem Sauerstoff in drei verschiedenen Verhältnissen verbinden und bilden namentlich zu gleichen Aequivalenten verbunden sehr starke basische Oxyde, die sog. eigentlichen Alkalien, welche grau-weiße, feste Massen darstellen, aus der Luft begierig Wasser und Kohlensäure anziehen, sich stark mit Wasser erhitzen, stark alkalisch reagiren und überhaupt eine große Verwandtschaft zu den Säuren halten. Ihre Hydrate heißen ätzende Alkalien, sind sehr schwierig krystallisirbar, schmelzen leicht in der Hitze, entlassen aber bei keinem Hitzgrad ihr Wasser, verflüchtigen sich nur bei sehr hoher Temperatur, schmecken und wirken sehr ätzend, zerstören die Haut und viele organische Körper, lösen sich unter Wärmeentwicklung sehr leicht in Wasser, auch in Weingeist, und werden durch Berührung mit weißglühendem Eisen zersetzt. Die verdünnten Lösungen der ätzenden Alkalien färben blaue Pflanzenfarben grün, gelbe braun und stellen die blaue Farbe des gerötheten Lakmus her, machen die Haut schlüpfrig und geben beim Kochen mit fetten Körpern Seifen. Die Verbindungen der Alkalien mit den Säuren sind größtentheils in Wasser löslich (mit Ausnahme der Verbindungen mit Uranoxyd, Zinnoxyd, Antimonoxyd, Antimonsäure, telluriger Säure, Titansäure und die mit überschüssiger Kieselsäure), die mit unorganischen Säuren meist feuerbeständig und gewöhnlich unter einander so wie mit den Ammoniumoxydsalzen isomorph; sie sind meist ohne Reaktion auf Pflanzenfarben (nur die neutralen kohlensauren, phosphorsauren, arsensauren, borsauren und fluorwasserstoffsauren Alkalien, d. h. die Fluoralkalimetalle, reagiren alkalisch). Die kohlensauren Alkalien werden für sich in der Hitze nicht zersetzt, geben aber mit Kohle innigst vermengt einer starken Hitze in verschlossenen Gefäßen ausgesetzt, die metallischen Radikale (Darstellung der Alkalimetalle), sind in Wasser mit Ausnahme des schwerlöslichen kohlensauren Lithons leicht löslich und werden wegen ihrer alkalischen Reaktion und des laugenhaften, nicht ätzenden Geschmackes milde Alkalien genannt; die schwefelsauren Alkalien lösen sich ebenfalls leicht in Wasser. — Die Alkalimetalle verbinden sich auch mit den Salz-, Kies- und Erzzeugern.

Den Alkalimetallen und deren Verbindungen wird jetzt gewöhnlich das zusammengesetzte Ammonium angereiht, indem dessen Verbindungen eine vollkommene Analogie zu denen der Alkalien zeigen; da die gewöhnlichen Alkalien ungemein feuerbeständig sind, das Ammoniak

aber, welches den ätzenden Alkalien entspricht, sehr flüchtig ist, so werden erstere auch **feuerbeständige** oder **fixe Alkalien**, letzteres aber **flüchtiges Alkali** genannt (über die Trias der Alkalimetalle vergl. §. 65).

1. Vom Kalium.

Symb. und Aequiv. K = 39,115. Atomengew. (H = 1,0) 78,230 oder (O = 100,0) 488,940. Spec. Gewicht = 0,86607. Spec. Wärme?

(Vergl. Bd. 3, S. 45 und 46.)

§. 359. Das Kalium hat eine ungemein große Verwandtschaft zum Sauerstoff und oxydirt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur an feuchter Luft oder in Sauerstoffgas: es entzieht den Sauerstoff einer großen Anzahl seiner Verbindungen, indem es in **Kaliumoxyd**, KO, verwandelt wird.

Kaliumsuboxyd (K_2O?) bildet sich bei der Berührung von blättrigem Kalium mit wenig Luft oder bei der Erhitzung der übrigen Oxydationsstufen mit Kalium und stellt eine bläulich-graue, nicht metallglänzende, spröde Masse dar, ist sehr schmelzbar, verbrennt bei schwacher Erhitzung an der Luft und zersetzt das Wasser, ohne sich zu entzünden.

Kaliumsuperoxyd, KO_3, bildet sich beim Erhitzen des Kaliums bis 60—80° in der Luft oder in Sauerstoffgas unter blendend weißem oder rothem lebhaftem Feuer, beim Verbrennen des Suboxydes und beim fortgesetzten Glühen von trocknem Kali oder Kalihydrat an der Luft oder in Sauerstoffgas, unrein beim gelinden Erhitzen des Kaliums in Stickstoffoxydul oder Stickstoffoxyd oder mit Salpeter und einigen Metalloxyden; es ist pomeranzengelb, schmilzt etwas schwieriger als Kalihydrat zu einem braunen, durchsichtigen Oel, und krystallisirt beim Erkalten in Blättern, zerfällt bei der Weißglühhitze in Kali und Sauerstoffgas, verpufft mit brennbaren Körpern, oxydirt mehrere Metalle, selbst Silber und Platin, theils mit, theils ohne Feuerentwicklung, und wird durch Wasser in Sauerstoffgas und wässeriges Kali zersetzt.

Kaliumoxyd, Kali.

83,02	— 39,115	Kalium
16,98	— 8,000	Sauerstoff
100,00	— 47,115	Kaliumoxyd.

Symb. und Aequiv. KO = 47,115.

§. 360. Das Kaliumoxyd oder dessen Hydrat bildet sich bei der Einwirkung von feuchter Luft oder feuchtem Sauerstoffgas bei gewöhnlicher Temperatur auf Kalium, bei der Berührung desselben mit Wasser unter Entzündung des sich entwickelnden Wasserstoffgases und bei der Einwirkung des Kaliums auf die Oxydationsstufen des Stickstoffes, Kohlenstoffes, Schwefels, Tellurs, Phosphors, Arsens, Antimons und Bors, auf die Oxyde des Titans, Chroms, Urans, Mangans, Kobalts, Wismuthes, Zinns, Bleis, Eisens, Nickels, Kupfers, Quecksilbers, Silbers und Platins, auf Molybdänsäure und Wolframsäure, so wie auch bei der Erhitzung mit allen kohlensauren, salpetersauren, schwefelsauren, arsensauren und arsenigsauren (nicht mit den borsauren) Salzen, wobei das Kali theils frei, theils an den unzersetzten Theil der Sauerstoffverbindung gebunden erhalten wird.

Man bringt gleiche Aequiv. Kalium und Wasser oder Kalihydrat zusammen oder erhitzt das Superoxyd stark, wobei immer wasserfreies Kaliumoxyd erhalten wird.

§. 361. Das Kaliumoxyd stellt eine graue, nicht metallglänzende,

spröde, harte Masse von muschligem Bruch und von 2,656 spec. Gewicht dar, schmilzt über der Rothglühhitze und ist nur bei sehr hoher Temperatur flüchtig, hat keinen Geruch, schmeckt und wirkt sehr ätzend, reagirt stark alkalisch und wird durch einen starken elektrischen Strom, durch weißglühende Kohle, Eisen und Zink unter Abscheidung von Kalium, in der Glühhitze durch Chlor unter Abscheidung von Sauerstoffgas, und durch Schwefel oder Phosphor unter Bildung von Schwefelkalium oder Phosphorkalium und schwefelsaurem oder phosphorsaurem Kali zersetzt.

Die nicht zu verdünnte wässerige Lösung des Kaliumoxydes giebt mit Ueberchlorsäure einen krystallinischen, aus überchlorsaurem Kali bestehenden, mit überschüssiger Kieselfluorwasserstoffsäure einen gallertartigen, durchsichtigen, und deßhalb schwer zu erkennenden, bei Zusatz von Ammoniak trübe und deutlicher werdenden, aus Fluorsiliciumkalium bestehenden, mit schwefelsaurer Alaunerde nach Zusatz einer Säure einen krystallinischen, aus schwefelsaurer Kalialaunerde bestehenden, mit Platinchlorid einen hell- oder pomeranzengelben, aus Chlorplatinkalium bestehenden, mit Weinsteinsäure einen weißen, aus saurem weinsteinsaurem Kali bestehenden, und mit Kohlenstickstoffsäure einen gelben, nadelförmig krystallinischen, aus kohlenstickstoffsaurem Kali bestehenden Niederschlag.

§. 362. Das Kaliumoxyd hat eine ungemein starke Affinität zum Wasser und zieht es aus der Luft an, erhitzt sich auch mit 1 Aequiv. Wasser zusammengebracht bis zum glühenden Schmelzen; es bildet mit Wasser vier Verbindungen; das erste Kalihydrat (KO, Aq.) ist die durch Schmelzen der folgenden erhaltene Verbindung; das zweite Hydrat (2 KO, 3 Aq.) wird durch Eindampfen einer wässerigen Lösung bis zur staubigen Trockne erhalten; das dritte Kalihydrat (KO, 4 Aq.) krystallisirt aus der Lösung unter gewissen Umständen in großen, wachsartig glänzenden Blättern; das vierte Kalihydrat (KO, 5 Aq.) krystallisirt in der Kälte aus der concentrirten wässerigen Lösung.

Ueber die Darstellung, Eigenschaften u. s. w. der Verbindungen des Kaliumoxydes mit Wasser vergl. Bd. 3, S. 191—201.

§. 363. Das Kaliumoxyd hat unter allen basischen Körpern die größte Affinität zu den meisten Säuren und bildet mit denselben die Kaliumoxyd- oder Kalisalze, Sales kalici; diese sind bei ungefärbter Säure farblos und feuerbeständig, wenn nicht die Säure eine nur schwache Affinität hat oder in der Hitze zersetzt wird, reagiren nur in Verbindung mit schwachen Säuren alkalisch und sind meist in Wasser leicht löslich, einige auch in Weingeist. Sie färben vor dem Löthrohr an einem Platindraht erhitzt die Flamme violett, ertheilen einer nickeloxydhaltigen Boraxperle eine blaue Farbe und verursachen, daß darüber erhitzter und angezündeter Weingeist mit blauer oder violetter Flamme verbrennt. Die verdünnten Lösungen geben mit anderen Flüssigkeiten nur dann Niederschläge, wenn die Säure des Kalisalzes mit dem hinzugesetzten Körper oder einem Theil desselben eine unlösliche Verbindung bildet; die mehr concentrirten Lösungen geben mit den §. 361 angeführten Reagentien dieselben Niederschläge, wie die wässerige Lösung des reinen Kalis. Das Kali bildet auch mit den Salzen mehrerer anderer Basen Doppelsalze.

Man erhält die Kalisalze durch Zusammenbringen von reinem wässerigem oder kohlensaurem Kali mit der Säure, auch durch einfache oder doppelte Affinität. Ueber die officiellen Kalisalze mit unorganischen Säuren vergl. Bd. 3, S. 1136—1163.

Kalium und Salzzeuger.

Chlorkalium, chlorwasserstoffsaures Kali (vergl. Bd. 3, S. 298 und 299).

52,45	—	39,115 Kalium
47,55	—	35,463 Chlor
100,00	—	74,578 Chlorkalium.

Symb. und Aequiv. KCl = 74,578. Atom. K€l (KCl_2).

§. 364. Kalium entzündet sich bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas und verbrennt mit rother Flamme, in salzsaurem Gas bei gelinder Erwärmung unter Abscheidung von Wasserstoffgas; es entzieht auch vielen Chlormetallen das Chlor, damit Chlorkalium bildend. Dieses wird durch wässerige Schwefelsäure, Salpetersäure und Weinsteinsäure unter Bildung von Salzsäure und einem Kalisalz zersetzt und verbindet sich mit mehreren sauren Chlormetallen z. B. mit Platinchlorid.

Ueber Vorkommen, Gewinnung und Eigenschaften des Chlorkaliums s. a. a O.

Bromkalium, bromwasserstoffsaures Kali (vergl. Bd. 3, S. 353 und 354).

22,84	—	39,115 Kalium
67,16	—	80,000 Brom
100,00	—	119,115 Bromkalium.

Symb. und Aequiv. KBr = 119,115. Atom. KBr (KBr_2).

§. 365. Das Kalium verbindet sich mit Brom unter heftiger Feuerentwicklung und Explosion, und zersetzt im erhitzten Zustand das Bromwasserstoffgas; Brom mit Jodkalium beim Schmelzen desselben zusammengebracht bildet Bromkalium. Dieses wird in der Glühhitze durch Chlorgas zersetzt, gibt mit wasserhaltiger unterchloriger Säure unter Freiwerden von Brom und Chlor bromsaures Kali, und Clorkalium und beim Schmelzen mit chlorsaurem Kali bromsaures Kali und verbindet sich mit mehreren Brommetallen.

Ueber Vorkommen, Darstellung u. s. w. vergl. a. a. O.

Kaliumsuperbromid bildet sich beim Vermischen einer concentrirten wässerigen Bromkaliumlösung mit Brom unter starker Wärmeentwicklung und stellt eine schwarzbraune dickliche Flüssigkeit dar, die sich mit Wasser ohne Abscheidung von Brom mischt, dieses aber an der Luft oder beim Erhitzen entläßt.

Jodkalium, iodwasserstoffsaures Kali (vergl. Bd. 3, S. 355 bis 359).

23,63	—	39,115 Kalium
76,37	—	126,845 Jod
100,00	—	165,960 Jodkalium

Symb. und Aequiv. KI = 165,96. Atom. KI (KI_2).

§. 366. Das Kalium verbindet sich mit festem Jod bei gewöhnlicher Temperatur durch Druck und mit dampfförmigem Jod unter Lichtentwicklung; Jod mit Kali im Schmelzen zusammengebracht bildet Jodkalium. Dieses wird auf trocknem und nassem Weg durch Chlor zersetzt, giebt mit Salpetersäure eingedampft salpetersaures Kali, entwickelt beim Erhitzen mit salpetersaurem Ammoniak Jod, bildet beim Erhitzen mit salpetersaurem Kali oder Baryt etwas, mit Baryumsuperoxyd mehr iodsaures Kali oder Baryt, und beim Schmelzen mit chlorsaurem Kali iodsaures Kali, zersetzt sich in dampfförmiger, wasserfreier Schwefelsäure in Jod, schwefelige Säure und schwefelsaures Kali, bei der Destillation mit verdünnter Schwefelsäure zuerst in Jodwasserstoff, dann in Jod und schwefelige Säure, giebt bei der Destillation mit Schwefelsäure und Braunstein nur Jod, wird in der Glühhitze durch

Wasserdampf theilweise unter Bildung von Jodwasserstoff und Kali zersetzt und giebt bei der Erhitzung mit Salmiak freies Jod, Jodammonium, Salmiak, Jodkalium und Chlorkalium. Es verbindet sich mit mehreren Jodmetallen.

Ueber Darstellung, Eigenschaften u. s. w. vergl. a. a. O.

Kaliumsuperiodid; eine Lösung von Jodkalium in der doppelten Menge Wasser nimmt noch so viel Jod auf, als in dem Jodkalium enthalten ist, und bildet eine roth-braune neutrale Flüssigkeit, welche an der Luft oder beim Erhitzen das aufgenommene Jod entläßt. Eine Lösung von Jodkalium in der vierfachen Menge Wasser löst das Doppelte von dem im Jodkalium enthaltenen Jod zu einer schwarz-braunen metallglänzenden Flüssigkeit auf, die auf Wasserzusatz die Hälfte des aufgenommenen Jods fallen läßt.

Fluorkalium, fluorwasserstoffsaures Kali.

67,5	—	39,115	Kalium
32,5	—	18,834	Fluor
100,0	—	57,949	Fluorkalium

Symb. und Aequiv. KF = 57,949. Atom. KF (KF_2).

§. 367. Kalium zersetzt unter lebhafter Erhitzung und Entwicklung von Wasserstoffgas die Fluorwasserstoffsäure, ferner Fluorbor, Fluorkiesel und Fluormetalle, Fluorkalium bildend, welches durch Sättigen der Fluorwasserstoffsäure mit reinem oder kohlensaurem Kali und Verdampfen unter 40° in farblosen, oft säulenförmig verlängerten, zuweilen auch mit quadratisch trichterförmig vertieften Flächen versehenen Würfeln krystallisirt, unter der Glühhitze schmilzt, scharf salzig schmeckt, alkalisch reagirt, sich leicht und unter Wärmeentwicklung in Wasser, nicht in Weingeist löst, durch Schwefelsäure schon in der Kälte und auch durch Chlor zersetzbar ist und mit Fluorwasserstoffsäure Fluorwasserstoff-Fluorkalium (KF,FH) bildet, das in vierseitigen Tafeln krystallisirt, in der Hitze schmelzbar ist und bei anfangendem Glühen in Fluorwasserstoffsäure und Fluorkalium zerfällt.

Ueber Fluorborkalium und Fluorsiliciumkalium vergl. unten §. 373.

Kalium und Kieszeuger.

Schwefelkalium.

§. 368. Kalium verbindet sich mit Schwefel beim gelinden Erhitzen unter lebhafter Feuerentwicklung, wobei 1 Aequiv. Kalium wenigstens 1 und höchstens 5 Aequiv. Schwefel aufnimmt. Man kennt 7 verschiedene Verbindungsstufen des Kaliums mit Schwefel, die jedoch nur zum Theil auf mittelbare Weise erhalten werden.

Erstes Schwefelkalium, KS, bildet sich beim Leiten von Wasserstoffgas über glühendes schwefelsaures Kali oder beim Glühen von diesem mit Kohle, auch neben unterschwefeligsaurem Kali beim Erhitzen von Schwefel mit überschüssigem Kalihydrat, und stellt entweder eine hell-zinnoberrothe, beim Erhitzen dunkler werdende, auf dem Bruche krystallinische, vor dem Glühen schmelzende und dann undurchsichtig schwarz erscheinende oder eine schön fleischrothe, durchscheinende, warzenförmig-krystallinische Masse dar, ist in der Glühhitze flüchtig, löst sich in Wasser zu einer farblosen, alkalisch reagirenden und schmeckenden, ätzenden Flüssigkeit, aus der Weingeist ein im Ueberschuß desselben lösliches öliges Fluidum von wasserhaltigem Schwefelkalium abscheidet, und Salzsäure ohne Absatz von Schwefel Schwefelwasserstoffgas entwickelt, ist auch in Weingeist löslich, verbrennt langsam beim Glühen an der Luft zu schwefelsaurem Kali und verbindet sich mit vielen sauren Schwefelmetallen.

Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium (KS, SH) bildet sich beim Erhitzen von Kalium in Schwefelwasserstoffgas und beim Leiten von

Schwefelwasserstoffgas über dunkelrothglühendes kohlensaures Kali, ist grau-gelb oder braun, krystallinisch, im geschmolzenen Zustand schwarz, zerfließt schnell an der Luft und löst sich leicht in Wasser zu einer farblosen, schwach nach Schwefelwasserstoff riechenden, stark alkalisch schmeckenden und reagirenden ätzenden Flüssigkeit, die an der Luft anfangs unter Bildung von Fünffach-Schwefelkalium und Kali gelb, dann aber unter Bildung von unterschwefeligsaurem Kali wieder farblos wird, beim Kochen mit Schwefel unter Bildung von Fünffach-Schwefelkalium Schwefelwasserstoff entwickelt und durch Säure in Sauerstoffsalz oder Haloidsalz und Schwefelwasserstoff zersetzt wird.

Zweites Schwefelkalium, KS_2, bildet sich beim Glühen des sauren schwefelsauren Kali mit Kohle oder beim Eindampfen der durch Einwirkung von Luft bis zur Bildung von unterschwefeligsaurem Kali sich getrübten weingeistigen Lösung des Schwefelwasserstoff-Schwefelkaliums im luftleeren Raum, auch beim starken Rothglühen eines Gemenges aus 4 Aequiv. kohlensaurem Kali und weniger als 7 Aequiv. Schwefel als eine gelb-rothe, krystallinische, leicht zerfließliche oder pomeranzengelbe, nicht krystallinische, leicht schmelzbare Masse; löst sich leicht in Wasser zu einer gelblichen Flüssigkeit, die an der Luft ohne Absatz von Schwefel in unterschwefeligsaures Kali übergeht.

Drittes Schwefelkalium, KS_3, bildet sich beim Leiten von Schwefelkohlenstoffdampf über glühendes kohlensaures Kali oder, nebst schwefelsaurem Kali, beim allmälig bis zum Glühen gesteigerten Erhitzen eines Gemenges aus 4 Aequiv. kohlensaurem Kali und 10 Aequiv. Schwefel, ist gelbbraun, im geschmolzenen Zustand schwarz, und bildet mit Wasser eine gelbe Lösung, die an der Luft unter Abscheidung von 1 Aequiv. Schwefel in unterschwefeligsaures Kali übergeht.

Viertes Schwefelkalium, K_2S_7, bildet sich beim Leiten von Schwefelwasserstoffgas über glühendes schwefelsaures Kali, ist in der Kälte roth und durchsichtig, beim Schmelzen schwarz, und löst sich mit gelber Farbe in Wasser.

Fünftes Schwefelkalium, KS_4, bildet sich beim Leiten von Schwefelkohlenstoffdampf über glühendes schwefelsaures Kali, oder wenn ein durch Zusammenschmelzen von 1 Th. kohlensaurem Kali und 2 Th. Schwefel erhaltenes Gemenge von Fünffach-Schwefelkalium und schwefelsaurem Kali im geschmolzenen Zustand so lange mit Schwefelwasserstoffgas in Berührung gebracht wird, als sich Wasser bildet und Schwefel absetzt, ist gelb-braun und giebt mit Wasser eine gelbe Lösung, die durch Einwirkung der Luft unter Abscheidung von 2 Aequiv. Schwefel in unterschwefeligsaures Kali übergeht.

Sechstes Schwefelkalium, K_2S_9, bildet sich, wenn über ein Gemenge von Vierfach-Schwefelkalium mit überschüssigem Schwefel in der Glühhitze so lange Schwefelwasserstoffgas geleitet wird, als noch Schwefel fortgeht.

Siebentes Schwefelkalium, KS_5, wird durch Erhitzen eines Gemenges von Kalium oder einer niederen Schwefelungsstufe desselben mit Schwefel bis zum Verdampfen des Ueberschusses oder durch allmälig bis zum gelinden Glühen gesteigertes Erhitzen eines Gemenges aus 4 Aequiv. kohlensaurem Kali mit wenigstens 16 Aequiv. Schwefel, im gelösten Zustand durch Digestion der niederen in Wasser gelösten Schwefelungsstufen mit Schwefel oder, neben unterschwefeligsaurem Kali, durch Kochen von Kalilauge, mit Schwefel erhalten; es ist dunkel gelb-braun und leicht schmelzbar, riecht nach Schwefelwasserstoff, schmeckt alkalisch bitter, reagirt alkalisch und löst

sich sehr leicht und mit gelb-brauner Farbe in Wasser; es oxydirt sich an der Luft allmälig unter Abscheidung von Schwefel zu unterschwefeligsaurem Kali, beim Erhitzen zu schwefelsaurem Kali und schwefeliger Säure, und tritt in der Glühhitze an Silber und viele andere Metalle Schwefel ab, dabei in Einfach-Schwefelkalium übergehend. Die wässerige Lösung löst in der Wärme noch mehr Schwefel, der sich beim Erkalten wieder abscheidet, geht an der Luft unter Absatz von 3 Aequiv. Schwefel in unterschwefeligsaures Kali über, giebt beim allmäligen Zusatz von einer Säure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas ein Kalisalz und Schwefel (Schwefelmilch), dagegen allmälig zu überschüssiger Säure, z. B. Salzsäure gesetzt, nur ein Kalisalz und Wasserstoffschwefel, läßt durch Schwefelwasserstoff unter Bildung von Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium 4 Aequiv. Schwefel fallen und tritt an viele Metalle, namentlich an Kupfer, Quecksilber u. s. w. ebenfalls 4 Aequiv. Schwefel ab.

Die Schwefelleber, wie sie nach Bd. 3, S. 372 durch Zusammenschmelzen von kohlensaurem Kali und Schwefel erhalten wird, ist je nach den Mengenverhältnissen beider Stoffe Dreifach- bis Fünffach-Schwefelkalium mit schwefelsaurem (mitunter auch mit kohlensaurem) Kali vermengt.

Selenkalium.

§. 369. Das Kalium verbindet sich mit Schwefel beim Erhitzen unter Feuerentwicklung und theilweiser Sublimation des gebildeten Selenkaliums; dieses entsteht auch bei der Einwirkung von Wasserstoffgas auf glühendes selenigsaures oder selensaures Kali und neben selenigsaurem Kali beim Schmelzen des Selens mit Kalihydrat oder beim Erhitzen mit kohlensaurem Kali; überhaupt scheint sich das Kalium in denselben Verhältnissen mit Selen zu verbinden als mit Schwefel. Das Selenkalium bildet je nach der Menge des in ihm enthaltenen Selens eine geschmolzene, stahlgraue, auf dem Bruche krystallinische, oder eine dunkelbraune, an den Wänden zinnoberrothe, oder eine braune, schwammige, nicht schmelzbare Masse, wird an der Luft feucht und löst sich (bei Ueberschuß von Kalium unter Entwicklung von Wasserstoffgas) in Wasser mit dunkler Farbe; die Lösungen haben einen hepatischen Geschmack, setzen an der Luft Selen als rothes Pulver ab und entwickeln beim Uebergießen mit Säuren Selenwasserstoff.

Tellurkalium bildet sich beim Erhitzen von Tellur mit Kalium unter der heftigsten Feuerentwicklung, auch bei der Einwirkung des negativen Stromes einer starken Voltaischen Säule durch Tellur auf Kalihydrat und beim schwachen Glühen eines Gemenges von Telluroxyd, Kalihydrat und Kohle, auf letztere Art als eine stahlgraue, brüchige, viel leichter als das Tellur schmelzende Masse (das durch Elektricität erhaltene ist von nickelartiger Farbe, das aus Kalium und Tellur erhaltene eine kupferfarbene auf dem Bruche krystallinische, unter der Rothglühhitze nicht schmelzbare Masse); es löst sich mit Purpurfarbe in Wasser und die Lösung läßt an der Luft alles Tellur in feinen, metallglänzenden Schuppen fallen und entwickelt auf Zusatz von Säuren Tellurwasserstoff.

Kalium und Erzzeuger.

Phosphorkalium.

§. 370. Kalium verbindet sich bei gelinder Erhitzung, auch schon durch Druck, mit Phosphor unter Erglühen und entzieht im erhitzten Zustand dem Phosphorwasserstoffgas den Phosphor, damit Phosphorkalium bildend. Das durch Erhitzen in sauerstofffreiem Raum vom überschüssigen Posphor befreite Phosphorkalium ist dunkel-chocoladenbraun, ohne Metallglanz, das mit überschüssigem Kalium kupferroth, metallglänzend, krystallinisch; es verbrennt beim

Erhitzen an der Luft unter lebhafter Feuerentwicklung zu phosphorsaurem Kali und wird durch Wasser unter schwacher Explosion in Phosphorwasserstoffgas, Wasserstoffphosphor und unterphosphorigsaures Kali zersetzt.

Arsenkalium.

§. 371. Kalium verbindet sich mit der dreifachen Raummenge Arsenpulver unter starker Feuerentwicklung und entzieht im erhitzten Zustand dem Arsenwasserstoff das Arsen, damit Arsenkalium bildend, welches auch bei Einwirkung des negativen elektrischen Stromes durch Arsen auf Kalihydrat entsteht; es ist kastanienbraun, nicht metallglänzend und entwickelt beim Uebergießen mit Wasser Arsenwasserstoff, unter gleichzeitiger Bildung von Wasserstoffarsen.

Antimonkalium.

§. 372. Kalium verbindet sich mit der vierfachen Raummenge Antimonpulver leicht und unter Feuerentwicklung zu Antimonkalium; dieses entsteht auch beim zweistündigen Erhitzen von Antimon oder geröstetem Schwefelantimon mit gleich viel Weinstein bis zum starken Rothglühen, beim Glühen von 12 Th. Antimon mit 10 Th. kohlensaurem Kali und 2 Th. Kohle und beim Glühen des gerösteten Brechweinsteins. Es ist grau-weiß, spröde, aber weich, von feinkörnigem Gefüge und ziemlich leicht schmelzbar, oxydirt sich schnell an der Luft und entwickelt unter Wasser schnell Wasserstoffgas.

Kalium und Glaszeuger.

§. 373. Kalium und Bor sollen sich ohne Feuerentwicklung zu Borkalium verbinden, welches grau, metallisch und ein Leiter der Elektricität ist und durch Wasser in Kali und Borwasserstoff zersetzt wird; ist nach anderen Angaben nur ein Gemenge. Mit Kiesel verbindet sich das Kalium ohne merkliche Feuerentwicklung zu Kieselkalium: dieses ist bei Ueberschuß von Kalium dunkel grau-braun und gänzlich in Wasser unter Wasserstoffgasentwicklung zu kieselsaurem Kali löslich, während die kaliumärmere Verbindung dabei Kiesel absetzt.

Fluorborkalium (KF, BF_3) entsteht beim Vermischen der vierfachfluorwasserstoffsauren Borsäure mit einem Kalisalz als ein gallertartiger, irisirender Niederschlag, oder durch Lösen von doppeltkohlensaurem Kali und krystallisirter Borsäure in überschüssiger Fluorwasserstoffsäure und Verdampfen; es schießt aus der heiß bereiteten wässerigen Lösung in kleinen, säulenförmigen, glänzenden, wasserfreien Krystallen an, schmeckt etwas bitter, röthet nicht Lakmus, löst sich in kochendem Wasser und Weingeist, schmilzt kurz vor dem Glühen und entwickelt bald darauf Fluorborgas; es wird nur langsam und in der Wärme durch Schwefelsäure zersetzt.

Fluorkieselkalium ($3 KF, 2 SiF_3$) bildet sich noch weit unter der Glühhitze und unter Verpuffung beim Erhitzen von Kiesel mit Fluorwasserstoff-Fluorkalium und als ein gallertartiger, irisirender Niederschlag beim Vermischen von Kieselfluorwasserstoffsäure mit reinem oder gesäuertem Kali, stellt trocken ein zartes, weißes, säuerlich bitter schmeckendes und sauer reagirendes Pulver dar, schießt auch aus der heißen wässerigen Lösung in sehr kleinen rhomboëdrischen oder prismatischen Krystallen an, schmilzt bei anfangender Glühhitze und entwickelt in höherer Temperatur unter Aufkochen Fluorsiliciumgas, zerfällt beim Erhitzen mit Kalium in Fluorkalium und Kiesel, beim Erwärmen mit Schwefelsäure in Fluorsilicium, Fluorwasserstoff und schwefelsaures Kali, und wird durch Borsäure nur unvollständig und durch reine und kohlensaure Alkalien nur in Siedhitze zersetzt.

Kalium und Metalle.

§. 374. Das Kalium kann sich mit den meisten Metallen verbinden; die Legirungen werden theils auf galvanischem Wege, theils durch unmittelbares Zusammenschmelzen des Kalium mit den Metallen oder ihren Oxyden, theils durch Glühen des mit Kohle vermengten Kalis mit den fein zertheilten Metallen erhalten. Diese Legirungen bilden metallische Massen (nur die mit 98,5% Quecksilber, das Kaliumamalgam, ist krystallisirbar) und oxydiren sich schnell bei Einwirkung von Luft und Wasser; mehrere zeigen auf Quecksilber, das mit einer dünnen Schicht Wasser bedeckt ist, so lange eine drehende Bewegung, bis das Kalium oxydirt ist.

2. Vom Natrium.

Symb. und Aequiv. Na = 22,973. Atomengew. (H = 1,0) 45,946 oder (O = 100,0) 287,170. Spec. Gew. = 0,972. Spec. Wärme?
(Vergl. Bd. 3, S. 46.)

Natrium und Sauerstoff.

§. 375. Das Natrium hat nächst dem Kalium die größte Verwandtschaft zum Sauerstoff und oxydirt sich wie dieses, wenn auch langsamer, an feuchter Luft und in Sauerstoffgas; es entzieht ebenfalls einer großen Zahl von Oxyden den Sauerstoff, damit Natriumoxyd, NaO, bildend.

Natriumsuboxyd (Na_2O?) wie das Kaliumsuboxyd (vergl. §. 359) darzustellen, bildet eine weiß- oder dunkelgraue, nicht metallglänzende, brüchige Masse, welche entzündlicher als das Natrium ist und das Wasser zersetzt.

Natriumsuperoxyd (Na_2O_3?) bildet sich beim Verbrennen des Natriums an trockner Luft oder in Sauerstoffgas bei nicht zu starker Hitze und beim Glühen des Natriumoxydes oder seines Hydrates an der Luft, auch beim Glühen des salpetersauren Natrons, ist schmutzig grünlich-gelb, weniger schmelzbar als das Natronhydrat und das Kaliumsuperoxyd, leitet nicht die Elektricität und wird durch Wasser in Sauerstoffgas und wässeriges Natron, durch starkes Erhitzen mit kohlensaurem Gas in Sauerstoffgas und kohlensaures Natron und durch Erhitzen mit brennbaren Körpern zersetzt.

Natriumoxyd, Natron.

74,17	22,973	Natrium
25,83	8,000	Sauerstoff
100,00	30,973	Natriumoxyd.

Symb. und Aequiv. NaO = 30,973.

§. 376. Das Natriumoxyd oder sein Hydrat bildet sich in denselben Fällen, wie das Kaliumoxyd (vergl. §. 360), nur entzündet sich nicht das bei der Berührung des Natriums mit Wasser auftretende Wasserstoffgas; auch oxydirt sich das Natrium nicht durch Stickstoffoxydgas.

Wird durch Verbrennen des Natriums bei hoher Temperatur oder wie das Kaliumoxyd erhalten.

§. 377. Das Natriumoxyd stellt eine graue, auf dem Bruche muschlige Masse von 2,805 spec. Gewicht dar, schmilzt erst bei starker Rothglühhitze, ist nur schwierig verdampfbar, leitet nicht die Elektricität, hat keinen Geruch, wirkt gleich dem Kaliumoxyd auf Pflanzenfarben und organische Stoffe, ist aber weniger ätzend, und wird unter denselben Umständen wie das Kaliumoxyd zersetzt.

Die wässerige Lösung des Natriumoxydes zeichnet sich dadurch aus, daß

sie fast durch keinen einzigen Körper gefällt wird, insofern das Natron nicht einen Bestandtheil desselben ausscheidet; nur Kieselfluorwasserstoffsäure verursacht einen gallertartigen, dem bewaffneten Auge aus sechsseitigen Krystallen bestehend erscheinenden Niederschlag, und Weinsteinsäure, Oxalsäure und Kohlenstickstoffsäure bringen bei starker Concentration krystallinische, aus den Salzen der Säuren bestehende und in mehr Wasser lösliche Niederschläge hervor; antimonsaures Kali verursacht auch in verdünnten Natronlösungen einen kleinen krystallinischen Niederschlag.

§. 378. Das Natriumoxyd äußert ebenfalls eine große Verwandtschaft zum Wasser und verwandelt sich damit unter heftiger Erhitzung in Natronhydrat (NaO, Aq.); dieses stellt eine graue, undurchsichtige, spröde Masse von faserigem Gefüge und 2,00 spec. Gewicht dar, schmilzt unter der Rothglühhitze, ist schwieriger flüchtig als das Kalihydrat und löst sich in Wasser und Weingeist; an der Luft zerfließt es anfangs durch Anziehung von Feuchtigkeit, wird aber später durch Aufnahme von Kohlensäure wieder fest; aus der concentrirten wässerigen Lösung schießt beim Erkalten ein anderes Hydrat in farblosen, vierseitigen, leicht schmelzbaren Tafeln an.

Ueber die Darstellung des Natronhydrates vergl. Bd. 3, S. 201.

§. 379. Das Natriumoxyd hat eine etwas schwächere Affinität zu den Säuren, als das Kaliumoxyd, und bildet mit denselben die Natriumoxyd- oder Natronsalze, Sales natrici; diese sind bei farbloser Säure ungefärbt und bei feuerbeständiger Säure in der Hitze nicht zersetzbar, reagiren nur in Verbindung mit schwachen Säuren alkalisch, sind fast durchgehends in Wasser löslich und zeichnen sich besonders dadurch aus, Krystallwasser in großer Menge aufzunehmen und dieses bei gelinder Erwärmung unter Verwitterung wieder zu entlassen. Sie färben vor dem Löthrohr, an einem Platindraht erhitzt die Flamme, so wie die des damit erhitzten Weingeistes gelb. Die wässerigen Lösungen fällen nur dann die Lösungen anderer Körper, wenn die Säure des Natronsalzes mit einem Bestandtheil desselben eine unlösliche Verbindung bildet; sonst verhalten sie sich gegen Reagentien, wie §. 377 angeführt worden. Das Natron bildet auch mehrere Doppelsalze.

Man erhält die Natronsalze wie die Kalisalze; über die officinellen Natronsalze mit unorganischen Säuren vergl. Bd. 3, S. 1191—1210. Außer diesen ist noch von Wichtigkeit das antimonsaure Natron (NaO, SbO_5), welches beim Vermischen des neutralen antimonsauren Kalis mit einem Natronsalz in Flocken niederfällt, die sich sehr bald zu mikroskopischen, quadratischen Prismen vereinigen und nur schwierig in Wasser löslich sind.

Natrium und Salzzeuger.

Chlornatrium, chlorwasserstoffsaures Natron (vergl. Bd. 3, S. 299—302).

39,31	— 22,973	Natrium
60,69	— 35,463	Chlor
100,00	— 58,436	Chlornatrium.

Symb. und Aequiv. $NaCl = 58{,}436$. Atom. Na€l ($NaCl_2$).

§. 380. Das Natrium verbrennt schon bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas unter lebhaftem rothem Funkensprühen und zersetzt den Chlorwasserstoff unter Abscheidung von Wasserstoffgas; in beiden Fällen entsteht Chlornatrium, das sich auch bei der Einwirkung von reinem oder kohlensaurem Natron auf Salzsäure bildet. Das Chlornatrium kann mit 4 (nicht, wie

fälschlich Bd. 3, S. 302 angegeben, mit 6) Aequiv. Wasser krystallisiren, wird vollständig durch Glühen mit Kalium oder, unter Zutritt von Luft, durch Glühen mit Kieselerde, so wie auch beim Erhitzen mit wasserhaltiger Schwefelsäure, unvollständig durch Glühen mit Schwefel oder Erhitzen mit Oxalsäure zersetzt, giebt in der wässerigen Lösung bei der Digestion mit überschüssigem Bleioxyd Natron und Bleioxychlorid, zersetzt sich mit mehreren Ammoniaksalzen bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur in Natronsalze und Chlorammonium, und verbindet sich mit mehreren sauren Chlormetallen, z. B. mit Gold oder Platinchlorid.

Ueber Gewinnung und andere Eigenschaften des Chlornatriums vergl. a. a. O.

Bromnatrium, bromwasserstoffsaures Natron.

22,23 —	22,973	Natrium
77,77 —	80,000	Brom
100,00 —	102,973	Bromnatrium.

Symb. und Aequiv. NaBr = 102,973. Atom. NaBr ($NaBr_2$).

§. 381. Das Bromnatrium bildet sich bei der Sättigung des wässerigen Bromwasserstoffes mit Natron oder bei der Zersetzung des in Wasser gelösten Brometsens durch kohlensaures Natron und krystallisirt beim Verdampfen über 30° in wasserfreien, mehr alkalisch als salzig schmeckenden Würfeln, bei gewöhnlicher Temperatur aber in Verbindung mit Wasser (NaBr, 4 Aq.) in wasserhellen, schiefen rhombischen Säulen, welche bei gewöhnlicher Temperatur luftbeständig sind, in der Hitze aber unter Verlust des Wassers schmelzen, und sich leicht in Wasser und Weingeist lösen. Das Bromnatrium wird durch dieselben Körper wie das Bromkalium zersetzt und verbindet sich mit mehreren Brommetallen.

Natriumsuperbromid entsteht und verhält sich wie das Kaliumsuperbromid (vergl. §. 365).

Jodnatrium, iodwasserstoffsaures Natron.

15,33 —	22,973	Natrium
84,67 —	126,845	Jod
10,000 —	149,818	Jodnatrium.

Symb. und Aequiv. NaI_2 = 149,818. Atom. NaI (NaI_2).

§. 382. Das Jodnatrium findet sich in der Asche der See- und Strandgewächse und bildet sich bei der Sättigung des wässerigen Jodwasserstoffes mit kohlensaurem Natron; es krystallisirt beim Verdampfen der Lösung über 40° in wasserfreien Würfeln, schmilzt und verflüchtigt sich schwieriger als das Jodkalium, verliert beim Erhitzen an der Luft unter Bildung von Natron etwas Jod, wird an der Luft unter Bildung von kohlensaurem Natron rosenfarbig, verwandelt sich beim Glühen mit Kohle an der Luft größtentheils in kohlensaures Natron und löst sich leicht in Wasser und wasserhaltigem Weingeist. Aus der wässerigen Lösung krystallisirt es bei gewöhnlicher Temperatur mit Wasser (NaI, 4 Aq.) in großen, lang gestreiften, schiefen rhombischen Säulen, welche unter Verlust des Wassers in der Wärme schmelzen, an trockner Luft verwittern und an feuchter Luft wie die wasserfreie Verbindung zerfließen. Das Jodnatrium wird durch dieselben Körper wie das Jodkalium (vergl. §. 366) zersetzt und verbindet sich gleich diesem mit mehreren sauren Chlormetallen.

Natriumsuperiodid, wie die entsprechende Kaliumverbindung erhalten, verliert beim Eindampfen das überschüssige Jod noch viel leichter.

Fluornatrium, fluorwasserstoffsaures Natron.

54,92	— 22,973	Natrium
45,08	— 18,834	Fluor
100,00	— 41,807	Fluornatrium.

Symb. und Aequiv. $NaF = 41,807$. Atom. NaF (NaF_2).

§. 383. Das Fluornatrium bildet sich bei der Sättigung der Fluorwasserstoffsäure mit Natron und beim Kochen des Fluorkieselnatriums mit kohlensaurem Natron und Wasser, krystallisirt in Würfeln und Octaëdern, verknistert in der Hitze, schmilzt über dem Schmelzpunkt des Glases, schmeckt etwas scharf, löst sich wenig in Wasser und noch schwieriger in Weingeist, schmilzt mit Kieselerde unter dem Schmelzpunkt ohne Zersetzung zusammen und verbindet sich mit Fluorwasserstoffsäure zu Fluorwasserstoff-Fluornatrium (NaF, FH), welches in wasserfreien, farblosen, kleinen, rhomboëdrischen Krystallen anschießt, ziemlich schwer in Wasser löslich ist und beim Glühen unter Beibehaltung der Form Fluorwasserstoff entwickelt.

Ueber Fluorborkalium und Fluorkieselnatrium vergl. unten §. 386.

Natrium und Kieszeuger.

Schwefelnatrium.

§. 384. Das Natrium verbindet sich beim Erwärmen mit Schwefel unter lebhafter Feuerentwicklung und zwar genau in denselben Verhältnissen wie das Kalium (vergl. §. 368). Das beim Glühen des schwefelsauren Natrons mit Kohle sich bildende Einfach-Schwefelnatrium, NaS, stellt eine fleischrothe, durchscheinende, in der Glühhitze flüchtige Masse dar, die sich leicht und unter Erwärmung in Wasser, auch in Weingeist löst; aus der wässerigen Lösung oder durch halbes Sättigen der Natronlauge mit Schwefelwasserstoff erhaltenen Flüssigkeit schießt beim Verdunsten in abgehaltener Luft das Schwefelnatrium mit Wasser (NaS, 9 Aq.) in langen, rectangulären, zugespitzten Säulen an, welche hepatisch schmecken, alkalisch reagiren, an der Luft feucht werden und in schwefelsaures Natron übergehen, in der Hitze das Wasser entlassen und in Wasser und Weingeist löslich sind.

Schwefelwasserstoff-Schwefelnatrium (NaS, SH) bildet sich unter Feuerentwicklung beim Erhitzen von Natrium in Schwefelwasserstoffgas und in gelöstem Zustand beim Sättigen der Natronlauge mit Schwefelwasserstoff und krystallisirt in farblosen, zerfließlichen Säulen.

Die höheren Schwefelungsstufen des Natriums lösen sich mit gelber Farbe in Wasser und verhalten sich wie die Kaliumverbindungen.

Selennatrium ist unbekannt.

Tellurnatrium verhält sich dem Tellurkalium analog.

Natrium und Erzzeuger.

§. 385. Das Natrium verbindet sich mit Phosphor, Arsen und Antimon unter denselben Bedingungen und Erscheinungen wie das Kalium (vergl. §§. 370 bis 372) und die entstehenden Verbindungen verhalten sich auch im Allgemeinen den Kaliumverbindungen analog. Das Phosphornatrium ist bleifarbig und verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu phosphorsaurem Natron; das Arsennatrium ist weiß-grau, spröde und feinkörnig, oxydirt sich rasch an der Luft und giebt mit Wasser Arsenwasserstoff und Wasserstoffarsen; Antimonnatrium ist spröde, auf dem Bruche dem Glockengut ähnlich, oxydirt sich rasch an der Luft und entwickelt mit Wasser und wässerigen Säuren Wasserstoffgas.

Natrium und Glaszeuger.

§. 386. Eine Verbindung des Natriums mit Bor ist unbekannt; Kieselnatrium ist wahrscheinlich dem Kieselkalium analog darzustellen.

Fluorbornatrium (NaF, BF_3) bildet sich beim Zusammenbringen von Fluornatrium mit fluorwasserstoffsaurer Borsäure und krystallisirt in wasserfreien, kurzen, rechtwinklig vierseitigen Säulen, schmeckt schwach bitter und etwas sauer, reagirt stark sauer, löst sich ziemlich leicht in Wasser, wenig in Weingeist, schmilzt unter der Glühhitze und wird bei stärkerer Hitze in Fluorbor und Fluornatrium zersetzt.

Fluorkieselnatrium ($3NaF, 2SiF_3$) bildet sich beim Vermischen der Kieselfluorwasserstoffsäure mit Natronlauge oder einem Natronsalz als ein gallertartiger Niederschlag, ist nach dem Trocknen mehlartig, aber krystallinisch, und weit mehr in Wasser löslich als die entsprechende Kaliumverbindung (vergl. §. 373), der es sich aber sonst ganz analog verhält.

Natrium und Metalle.

§. 387. Das Natrium verbindet sich auch mit mehreren Metallen und mit Quecksilber unter Feuererscheinung und in größerer Menge als das Kalium. Das Natriumamalgam ist hart, krystallinisch, amalgamirt Eisen und Platin, und zersetzt Barytsalze und die Salze vieler Metalloxyde, indem sich neue Amalgame bilden. Es verbindet sich auch leicht mit Kalium; die Legirung ist bei 1/3 bis zur zehnfachen Menge Kalium bei 0° noch flüssig, bei Ueberschuß von Natrium spröde und krystallinisch, immer aber flüchtiger als das Metall für sich.

3. Vom Lithium.

Symb. und Aequiv. $L = 6{,}44$. Atomengew. ($H = 1{,}0$) 12,881 oder ($O = 100{,}0$) 80,375. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 388. Das Lithium findet sich nur oxydirt im Mineralreich und zwar im Amblygonit, Lithon-Spodumen, Petalit, Lepidolith, Triphyllin, Lithonglimmer, Apyrit und dem Turmalin von Utön, in sehr geringer Menge auch in verschiedenen Mineralwässern und Salzsoolen.

Das Oxyd des Lithiums wurde 1817 von Arfvedson entdeckt und das Metall später vom Brande aus dem Oxyd im Kreise der Voltaischen Säule dargestellt; es ist weiß und brennbar.

Lithium und Sauerstoff.

§. 389. Das Verhalten des Lithiums gegen Sauerstoff und sauerstoffhaltige Körper ist nur in so weit bekannt, als daß es sich beim Erhitzen an der Luft entzündet und zu Lithiumoxyd, LO, verbrennt.

Lithiumsuperoxyd scheint sich beim Glühen des gewässerten oder kohlensauren Oxydes zu bilden, indem Platingefäße, worin das Oxyd geglüht wird, dunkelgelb oder olivengrün gefärbt und stark angegriffen werden, was durch die Entstehung eines Superoxydes und secundären Platinoxydlithons erklärlich zu sein scheint.

Lithiumoxyd, Lithon.

44,6	—	6,44 Lithium
55,4	—	8,00 Sauerstoff
100,0	—	14,44 Lithiumoxyd.

Symb. und Aequiv. $CO = 14{,}44$.

§. 390. Das beim Verbrennen des Lithiums sich bildende wasserfreie Lithon ist fast gänzlich unbekannt. Sein Hydrat (LO, Aq.) ist weiß, durchsichtig, von krystallinischem Bruche, unter der Rothglühhitze schmelzbar, aber nicht in der Weißglühhitze flüchtig, wirkt und reagirt auf organische Substanzen, wie Kali und Natron, zerfließt nicht an der Luft, löst sich in

Wasser unter Wärmeentwicklung, aber in weit geringerer Menge als das Kali oder Natron, und wird aus der wässerigen Lösung zum Theil durch Weingeist gefällt.

Man erhält das Lithon im Großen aus dem feingepulverten Lepidolith, welcher mit der doppelten Menge Kalk vermengt im Flammofen bis zum Zusammensintern erhitzt, nach dem Erkalten gepulvert und mit der Hälfte Kalk vermischt mit Wasser zu einem Brei angemacht und längere Zeit unter Ersatz des verdunstenden Wassers gekocht wird; das Filtrat wird mit Salzsäure gesättigt, durch Verdunsten eingemengt und dann durch kohlensaures Ammoniak von Kalk und Thonerde befreit, das Filtrat mit so viel Kalilauge, als noch ein Niederschlag entsteht, vermischt, filtrirt, mit Schwefelwasserstoff gesättigt, wiederum filtrirt, die Flüssigkeit zur Trockne verdunstet, der Rückstand geglüht und dann in Wasser gelöst, die Lösung mit Salzsäure gesättigt, filtrirt, zur Trockne verdunstet und der Rückstand mit wasserfreiem Weingeist behandelt, der das Chlorlithium auflöst, welches durch Schwefelsäure in schwefelsaures Lithon, dieses durch essigsauren Baryt in essigsaures Lithon und dieses durch Glühen an der Luft in kohlensaures Lithon verwandelt wird; durch Behandlung desselben mit Aetzkalk und Wasser, Filtriren, Verdampfen und Schmelzen im Silbertiegel erhält man das Lithonhydrat. (Einige lithonhaltige Mineralien lassen sich auch schon durch Behandlung mit Schwefelsäure oder Salzsäure aufschließen, wie z. B. durch erstere der Petalit, Spodumen, Apyrit und Lepidolith, durch letztere der Triphyllin.)

§. 391. Das Lithon bildet mit den Säuren die **Lithonsalze**, Sales lithici; diese sind bei ungefärbter und feuerbeständiger Säure farblos und feuerbeständig, leichter schmelzbar als die entsprechenden Kali- oder Natronsalze, greifen beim Schmelzen das Platin an, lösen sich alle, zum Theil aber schwierig in Wasser und färben am Platindraht die Flamme des Löthrohrs oder die des darüber erhitzten Weingeistes carminroth. Die Lösungen der Lithonsalze werden durch Kieselfluorwasserstoffsäure und Kohlenstickstoffsäure, so wie auch, wenn sie nicht zu verdünnt sind, durch kohlensaure Alkalien und phosphorsaures Natron gefällt; sämmtliche Niederschläge sind in vielem Wasser löslich; das Lithon bildet auch Doppelsalze.

Man erhält die Lithonsalze durch Zusammenbringen von reinem oder kohlensaurem Lithon mit Säure, auch durch doppelte Affinität. Die wichtigsten Lithonsalze sind: **kohlensaures Lithon** (LO, CO_2), kommt in einigen Mineralwässern vor und läßt sich aus Chlorlithium durch Fällung mit kohlensaurem Ammoniak darstellen, ist weiß, schmelzbar, nach dem Erkalten emailartig, schmeckt und reagirt alkalisch und löst sich wenig in reinem, mehr in kohlensaurem Wasser; **schwefelsaures Lithon** (LO, SO_3 Aq.) krystallisirt in glänzenden, an der Luft schwach verwitternden, rhombischen Säulen und langen Tafeln, verknistert in der Hitze, schmilzt nach Entfernung des Wassers nur schwierig, aber schon unter der Glühhitze bei Gegenwart von schwefelsaurem Kalk, schmeckt rein salzig, nicht bitter, und löst sich leicht in Wasser und Weingeist; **phosphorsaures Natron-Lithon** ($2NaO, PO_5 + 2LO, PO_5$) bildet sich beim Eindampfen eines in Wasser gelösten Lithonsalzes mit phosphorsaurem Natron, ist weiß, pulverig, am Platindraht zu einer durchsichtigen, beim Erkalten undurchsichtig und krystallinisch werdenden Kugel schmelzbar, löst sich sehr schwierig in reinem, fast gar nicht in Wasser, welches phosphorsaures Natron

gelöst enthält, und wird durch Glühen mit ätzendem oder kohlensaurem Kalk zersetzt.

Lithium und andere Stoffe.

§. 392. Die Verbindungen des Lithiums mit den Salz-, Kies-, Erz- und Glaszeugern sind wegen der geringen Menge, in welcher es gefunden wird, nur wenig untersucht; jedoch ist anzunehmen, daß sie den Verbindungen der beiden anderen Alkalimetalle entsprechen.

Chlorlithium, LCl, krystallisirt beim freiwilligen Verdunsten der Lösung an der Sonne in Würfeln, schmilzt in der Rothglühhitze und verdampft beim Weißglühen, schmeckt wie Kochsalz, zerfließt an der Luft und krystallisirt hierauf mit Wasser (LCl, 4 Aq.) in großen, durchsichtigen, rectangulären Säulen, die beim Berühren undurchsichtig werden, und dann beim geringsten Stoß zu einem Krystallpulver zerfallen; löst sich leicht in Wasser und Weingeist.

Fluorlithium, LF, schießt in sehr kleinen undurchsichtigen Krystallkörnern an, schmilzt in der Glühhitze und löst sich schwierig in Wasser; verbindet sich mit Fluorwasserstoff zu Fluorwasserstoff-Fluorlithium (LF, FH), welches krystallisirbar und leichter in Wasser löslich ist. Fluorborlithium (LF, BF_3) krystallisirt in großen, an der Luft zerfließenden Säulen und schmeckt wie das Natronsalz. Fluorkiesellithium (3 LF, 2 SiF_3) krystallisirt in kleinen durchscheinenden Körnern, schmilzt in der Glühhitze, entläßt aber dabei nur schwierig Fluorsilicium, schmeckt schwach säuerlich bitter und löst sich sehr wenig in Wasser.

Schwefellithium, LS, durch Glühen von schwefelsaurem Lithon mit Kohle darzustellen, löst sich leichter in Wasser und Weingeist als das Lithonhydrat. Schwefelwasserstoff-Schwefellithium (LS, SH) wird durch Leiten von Schwefelwasserstoffgas über glühendes kohlensaures Lithon erhalten, ist blaßgelb, in der Hitze dunkelbraun und schmelzbar. Lithiumsupersulphid verhält sich wie die höheren Schwefelungsstufen des Kaliums.

4. Vom Ammonium.

Symb. und Aequiv. Am = 18,0. Atomengew. (H = 1,0) 36,0 oder (O = 100,0) 225,0. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 393. Das Ammonium ist ein zusammengesetzter, aus 22,22 Wasserstoff und 77,78 Stickstoff (= H_4N) bestehender, noch nicht isolirt dargestellter Körper, welcher aber in seinen Verbindungen, abgesehen von deren theilweiser oder gänzlicher Flüchtigkeit, ganz die Eigenschaft eines Alkalimetalles zeigt und gleich diesem sich mit Sauerstoff, Salz-, Kies- und Erzzeugern, Fluorbor und Fluorkiesel verbindet und mit Quecksilber eine Verbindung giebt, die das Aeußere eines Metalles hat. Es findet sich in den sog. Ammoniaksalzen theils als Oxyd mit Sauerstoffsäuren, theils mit Salzzeugern u. s. w. verbunden (vergl. unter Ammoniak).

Theorie der Ammoniakverbindungen. 1) Nach Berzelius. Das Ammoniak, H_3N, bildet mit den Wasserstoffsäuren nicht wasserstoffsaures Ammoniak, sondern es verwandelt sich erst durch Aufnahme des Wasserstoffes der Wasserstoffsäure in Ammonium, H_4N oder Am, welches sich nun mit dem Radikal der Säure verbindet; so geben gleiche Aequiv. Ammoniak und Salzsäure, ClH, nicht salzsaures Ammoniak (H_3N, ClH), sondern Chlorammonium (H_4N, Cl). Das Ammonium selbst ist eine

metallähnliche Verbindung; verbindet es sich mit 1 Aequiv. Sauerstoff oder tritt zu 1 Aequiv. Ammoniak 1 Aequiv. Wasser, so bildet sich Ammoniumoxyd (H_4N,O), welches wie das Kaliumoxyd mit den Sauerstoffsäuren Salze bildet, die den Kalisalzen isomorph sind; kommt also wässeriges Ammoniak mit einer Sauerstoffsäure zusammen, so bildet sich nicht wasserhaltiges schwefelsaures Ammoniak (H_3, N, SO_3, HO), sondern schwefelsaures Ammoniumoxyd (H_4NO, SO_3). Zu Folge dieser Theorie wird die große Aehnlichkeit in den physischen und chemischen Verhältnissen des chlorwasserstoffsauren, bromwasserstoffsauren und iodwasserstoffsauren Ammoniaks mit den Chloriden, Bromiden und Jodiden des Kaliums und anderer Metalle erklärt, auch die Existenz wasserstoffsaurer Ammoniaksalze beseitigt und hinreichend dargethan, warum zur Bildung wirklicher Sauerstoffsalze aus Ammoniak und Sauerstoffsäure die Gegenwart von Wasser nothwendig ist.

2) Nach *Kane*. Das *Amid* (vergl. unter Ammoniak) besteht aus 2 Aequiv. Wasserstoff und 1 Aequiv. Stickstoff (H_2N oder Ad.); es ist ein schwacher Salzzeuger und verbindet sich als solcher mit 1 Aequiv. Wasserstoff zu *Amidwasserstoff* oder *Hydramid*, AdH oder H_3N; dieser ist eine dem Wasserstoffoxyd, HO, ähnliche Basis und gehört mit diesem zu der isomorphen Magnesiareihe; es vereinigt sich als Basis mit den Wasserstoffsäuren, z. B. mit Chlorwasserstoffsäure zu AdH, ClH; ähnliche Verbindungen, in denen es die Stelle des Wassers vertritt, bildet es mit Chlormetallen u. s. w.; auch verbindet sich der Amidwasserstoff mit wenigen wasserfreien Sauerstoffsäuren, z. B. mit Schwefelsäure zu AdH, SO_3. Das Ammonium ist eine Verbindung von 1 Aequiv. Amid mit 2 Aequiv. Wasserstoff, *Amiddoppeltwasserstoff* (Ad, 2 H). Berzelius' Ammoniumoxyd besteht aus zwei Salzbasen, aus Amidwasserstoff, AdH, und Wasserstoffoxyd, HO, und in den gewöhnlichen Ammoniaksalzen ist 1 Aequiv. Säure mit 1 Aequiv. Ammoniak und 1 Aequiv. Wasser verbunden, weßhalb z. B. das schwefelsaure Ammoniak als AdH, HO, SO_3 zu betrachten ist. Zu Folge dieser Theorie läßt sich die salzartige Natur der aus wasserfreiem Ammoniak und mehreren wasserfreien Sauerstoffsäuren bestehenden Verbindungen erklären, die bei Zutritt von Wasser in gewöhnliche Ammoniaksalze übergehen.

3) *Alte Theorie*. Das Ammoniak, H_3N, ist ein flüchtiges Alkali; die Verbindungen mit Wasserstoffsäuren sind wasserstoffsaures Ammoniak; mit Sauerstoffsäuren vereinigt sich das Ammoniak fast bloß bei Gegenwart von 1 Aequiv. Wasser, welches vielleicht die Verbindung dadurch möglich macht, daß es wie das Ammoniak Wasserstoff und wie die Sauerstoffsäure Sauerstoff enthält; nach dieser Ansicht ist das schwefelsaure Ammoniak als H_3N, HO, SO_3 zu betrachten. Nimmt das Ammoniak noch 1 Aequiv. Wasserstoff auf, so entsteht eine nur in Ammoniumamalgam bekannte Verbindung = H_4N zusammengesetzt.

Ammonium und Sauerstoff.

Ammoniumoxyd.

69,23 — 18,0 Ammon	{	53,85 — 14,0 Stickstoff	
		15,38 — 4,0 Wasserstoff	
30,77 — 8,0 Sauerstoff		30,77 — 8,0 Sauerstoff	
100,00 — 26,0 Ammoniumoxyd.			

Symb. und Aequiv. AmO (H_4NO) = 26,0. Atom. H_4NO (H_8N_2O).

§. 394. Das für sich unbekannte Ammoniumoxyd bildet mit den Säuren die

Ammoniumoxydsalze (gewöhnlich Ammoniaksalze benannt), Sales ammonici, die durch Einwirkung von Wasser und Sauerstoffsäure auf Ammoniak entstehen; das Ammoniak, dessen Affinität geringer als die der Alkalien zu den Säuren ist, sättigt diese am vollständigsten. Die Ammoniaksalze und die Ammoniumhaloidsalze) schmecken meist stechend salzig, etwas urinös, geben bei der trocknen Erhitzung entweder Ammoniak und Säure oder der Wasserstoff des Ammoniak verbindet sich ganz oder theilweise mit dem Sauerstoff der Säure unter Bildung von Wasser und Entwicklung von Stickstoffgas (die Haloidsalze und das kohlensaure Ammoniumoxyd verflüchtigen sich unzersetzt, verlieren an der Luft, besonders aber beim Eindampfen der wässerigen Lösung etwas Ammoniak, liefern im gelösten Zustand bei der Einwirkung von Chlorgas entweder Salzsäure und Stickstoffgas, oder Salzsäure und Chlorstickstoff, und entwickeln in Berührung mit wässerigen Alkalien und verschiedenen basischen Metalloxyden Ammoniak, was durch den Geruch, die Bräunung des darüber gehaltenen Curcumäpapiers, und durch die weißen Nebel, welche sich bei Annäherung einer leicht flüchtigen Säure bilden, erkannt wird. Die Ammoniaksalze sind sämmtlich und fast alle leicht in Wasser löslich; die nicht zu verdünnte Lösung giebt mit schwefelsaurer Thonerde, Platinchlorid und Weinsteinsäure, und die sehr concentrirte Lösung auch mit Ueberchlorsäure, Kieselfluorwasserstoffsäure und Kohlenstickstoffsäure krystallinische, entweder aus einfachen Salzen oder Doppelverbindungen bestehende Niederschläge; sie färben die Flamme des damit erhitzten Weingeistes blau oder violett. Die Ammoniaksalze bilden mit den Salzen verschiedener anderer Basen Doppelsalze.

Man erhält die Ammoniaksalze gewöhnlich durch unmittelbares Zusammenbringen von reinem oder kohlensaurem Ammoniak mit den Säuren, im Großen auch durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Ammoniaksalze vergl. Bd. 3, S. 1314—1322.

Ammonium und Salzzeuger.

Chlorammonium, chlorwasserstoffsaures Ammoniak (vergl. Bd. 3, S. 303—306).

33,67 — 18,000	Ammonium	½ Vol. Ammoniakgas
66,33 — 35,463	Chlor	½ „ Salzsäuregas
100,00 — 53,463	Chlorammonium:	1 Vol. Salmiakdampf.

Symb. und Aequiv. AmCl (H_4NCl) = 53,463. Atom. $H_4\text{N}Cl$ ($H_8N_2Cl_2$).

§. 395. Das Chlorammonium giebt beim Erhitzen mit Kalium 2 Vol. Ammoniakgas und 1 Vol. Wasserstoffgas, entwickelt mit chlorsaurem Kali unter dem Siedpunkt der Schwefelsäure ein stark nach Chlor riechendes Gas, giebt, mit Dreifach-Chlorphosphor erhitzt, Salzsäure, Phosphor und Phosphorstickstoff, und absorbirt im trocknen und stark abgekühlten Zustand sehr reichlich und ohne Gasentwicklung die Dämpfe der wasserfreien Schwefelsäure, damit eine durchscheinende, anfangs biegsame, später harte Masse bildend, welche in der Hitze erst salzsaures Gas und dann die Zersetzungsproducte der Ammoniumoxydsalze liefert und durch wenig Wasser unter heftiger Einwirkung in schwefelsaures Ammoniumoxyd verwandelt wird. Das Chlorammonium verbindet sich mit mehreren Chlormetallen.

Ueber Darstellung, Eigenschaften u. s. w. des Chlorammoniums vergl. a. a. O.

Bromammonium, bromwasserstoffsaures Ammoniak.

18,36 — 18,0	Ammonium	½ Vol. Ammoniakgas
81,64 — 80,0	Brom	½ „ Bromwasserstoffgas
100,00 — 98,0	Bromammonium:	1 Vol. Bromammoniumdampf.

Symb. und Aequiv. AmBr (H_4NBr) = 98,0. Atom. $H_4\text{N}Br$ ($H_8N_2Br_2$).

§. 396. Das Bromammonium bildet sich bei der Einwirkung von Bromwasserstoff auf Ammoniak, krystallisirt in langen farblosen, an der Luft gelblich werdenden und dann sauer reagirenden Säulen, schmeckt scharf salzig, verdampft in der Hitze ohne Schmelzung und löst sich leicht in Wasser, wenig in Weingeist; es verbindet sich mit ersteren Brommetallen.

Ammoniumsuperbromid scheint sich durch Einfluß der Luft auf das Bromammonium zu bilden.

Jodammonium, iodwasserstoffsaures Ammoniak.

12,43 —	18,000	Ammonium	1/2	Vol. Ammoniakgas
87,57 —	126,845	Jod	1/2	„ Jodwasserstoffgas
100,00 —	144,845	Jodammonium:	1	Vol. Jodammoniumdampf.

Symb. und Aequiv. AmI_2 (H_4NI) = 144,845. $\mathbf{H_4NI}$ ($H_8N_2I_2$).

§. 397. Das Jodammonium bildet sich bei der Einwirkung von Jodwasserstoff auf Ammoniak (wird auch bei der Zersetzung des Jodeisens mit kohlensaurem Ammoniak erhalten), ist farblos, scheint in Würfeln zu krystallisiren, ist im verschlossenen Raum unzersetzt flüchtig, zerfließt an der Luft sehr leicht, löst sich leicht in Wasser und Weingeist, absorbirt bei gewöhnlicher Temperatur den Dampf wasserfreier Schwefelsäure unter Entwicklung schwefeliger Säure und Bildung einer rothbraunen Masse, und verbindet sich mit mehreren Jodmetallen.

Ammoniumsuperiodid bildet sich bei der Sättigung der wässerigen Jodammoniumlösung mit Jod und bildet eine dunkelbraune, fast undurchsichtige Flüssigkeit; entsteht auch bei der Einwirkung von Luft auf Jodammonium.

Fluorammonium, fluorwasserstoffsaures Ammoniak.

48,87 —	18,000	Ammonium	1/2	Vol. Ammoniakgas
51,13 —	18,834	Fluor	1/2	„ Fluorwasserstoffgas
100,00 —	36,834	Fluorammonium:	1	Vol. Fluorammoniumdampf.

Symb. und Aequiv. AmF (H_4NF) = 36,834. Atom. $\mathbf{H_4NF}$ ($H_8N_2F_2$).

§. 398. Das Fluorammonium bildet sich bei der Einwirkung des Fluorwasserstoffes auf Ammoniak oder bei der Erhitzung eines Gemenges von Salmiak und Fluornatrium, stellt ein luftbeständiges Salz dar, hat einen sehr stechend salzigen Geschmack, schmilzt in der Hitze und verflüchtigt sich leichter als Salmiak, entwickelt bei Gegenwart von Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft Ammoniak, greift das Glas an, giebt mit Kalium in der Glühhitze Fluorkalium, Ammoniakgas und Wasserstoffgas, löst sich leicht in Wasser, wenig in Weingeist, absorbirt viel Ammoniakgas und verbindet sich mit Fluorwasserstoff und mehreren Fluormetallen.

Fluorwasserstoff-Fluorammonium (AmF,FH) bildet sich beim Verdampfen der wässerigen Fluorammoniumlösung, schießt in körnigen Krystallen an, ist an warmer Luft beständig, zerfließt aber bei gewöhnlicher Temperatur, und verflüchtigt sich in der Hitze als ein weißer, stechender Rauch.

Ammonium und Kieszeuger.

Schwefelammonium (vergl. Bd. 3, S. 375—378).

§. 399. Man kennt mehrere Verbindungen des Ammoniums mit Schwefel: Einfach-Schwefelammonium, schwefelwasserstoffsaures Ammoniak.

52,94 —	18,0	Ammonium	2	Vol. Ammoniakgas
47,06 —	16,0	Schwefel	1	„ Schwefelwasserstoffgas
100,00 —	34,0	Schwefelammonium:	?	Vol. Schwefelammoniumdampf?

Symb. und Aequiv. AmS (H_4NS) = 34,0. Atom. $\mathbf{H_4NS}$ (H_8N_2S).

Bildet sich bei der Berührung von 1 Vol. Schwefelwasserstoffgas mit 2 Vol. Ammoniakgas in sehr niedriger Temperatur (— 18°), auch bei der Zersetzung des Salmiaks mit Einfach-Schwefelkalium in der Hitze und starke Abkühlung der Vorlage, stellt farblose, stark alkalisch reagirende Krystalle dar, welche bei gewöhnlicher Temperatur die Hälfte Ammoniak verlieren; in der wässerigen Lösung erhält man das Schwefelammonium durch Sättigen einer Hälfte Ammoniakflüssigkeit mit Schwefelwasserstoff und Zusatz einer anderen Hälfte Ammoniakflüssigkeit als eine farblose, alkalisch reagirende und sich schnell an der Luft zersetzende Flüssigkeit; verbindet sich mit Schwefelwasserstoff und mehreren Schwefelmetallen.

Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium, doppelt-schwefelwasserstoffsaures Ammoniak.

66,67 — 34,0	Schwefelammonium	½ Vol.	Ammoniakgas
33,33 — 17,0	Schwefelwasserstoff	½ „	Schwefelwasserstoffgas
100,00 — 51,0		1 Vol.	

Symb. und Aequiv. AmS, SH (H_4NS, SH) = 51,0. Atom. H_4NS, SH (H_8N_2S, SH_2).

Bildet sich beim Zusammentreffen von Ammoniakgas und Schwefelwasserstoffgas in gewöhnlicher und höherer Temperatur, krystallisirt in farblosen Nadeln und Blättchen, ist schon bei gewöhnlicher Temperatur flüchtig, riecht durchdringend nach Ammoniak und Schwefelwasserstoff, reagirt stark alkalisch und löst sich ohne Farbe in Wasser; die feste und gelöste Verbindung wird an der Luft schnell durch Bildung der folgenden Verbindung gelb.

Fünffach-Schwefelammonium.

18,36 — 18,0	Ammonium
81,64 — 80,0	Schwefel
100,00 — 98,0	Fünffach-Schwefelammonium.

Symb. und Aequiv. AmS_5 (H_4NS_5) = 98,0. Atom. H_4NS_5 ($H_8N_2S_5$).

Das Fünffach-Schwefelammonium bildet sich bei der Digestion der Schwefelwasserstoff-Schwefelammoniumlösung mit Schwefel oder bei der Zersetzung des Fünffach-Schwefelkaliums durch Salmiak in der Hitze, krystallisirt in pomeranzengelben, langen, schiefen rhombischen Säulen, löst sich in Wasser und Weingeist, in ersterem mit sogleich, in letzterem mit später stattfindender Abscheidung von Schwefel, entläßt in der Wärme oder beim Aufbewahren in einem geräumigen, trocknen, Luft enthaltenden Glase Einfach-Schwefelammonium mit Hinterlassung einer höheren Schwefelungsstufe (vergl. Nachstehendes) und zersetzt sich an der Luft allmälig unter Abdunstung von Einfach-Schwefelammonium in Schwefel und unterschwefeligsaures Ammoniak.

Siebenfach-Schwefelammonium.

13,84 — 18,0	Ammonium
86,16 — 112,0	Schwefel
100,00 — 130,0	Siebenfach-Schwefelammonium.

Symb. und Aequiv. AmS_7 (H_4NS_7) = 130,0. Atom. H_4NS_7 ($H_8N_2S_7$).

Entsteht durch die Zersetzung des Fünffach-Schwefelammoniums in einem weiten, trockne Luft enthaltenden Glasgefäß in rubinrothen Krystallen, die bei Abhaltung von Licht und Wärme in ganz damit angefüllten Flaschen beständig sind, und zersetzt sich in der Wärme.

Beguin's flüchtige Schwefelleber (vergl. Bd. 3, S. 375—377) ist wahrscheinlich ein Gemische von Einfach- und Fünffach-Schwefelammonium.

Selenammonium, selenwasserstoffsaures Ammoniak.

31,23	—	18,000 Ammonium	2 Vol.	Ammoniakgas
68,77	—	39,631 Selen	1 „	Selenwasserstoffgas
100,00	—	57,631 Selenammonium:	? Vol.	Selenammoniumdampf.

Symb. und Aequiv. AmSe (H_4NSe) = 57,631. Atom. H_4NSe (H_8N_2Se).

§. 400. Bildet sich bei der Einwirkung von 1 Vol. Selenwasserstoffgas auf 2 Vol. Ammoniakgas als ein weißer Nebel, der sich zu einer weißen nach Selenwasserstoff und Ammoniak riechenden, nicht krystallinischen Masse verdichtet, die an der Luft blaßroth wird; wirken gleiche Raumtheile Selenwasserstoff und Ammoniak in Gasform auf einander, so entsteht Selenwasserstoff-Selenammonium (AmSe, SeH) als eine krystallinische, nach den binären Bestandtheilen riechende, an der Luft sich zersetzende Masse.

Tellurammonium, AmTe, ist noch unbekannt; Tellurwasserstoff-Tellurammonium (AmTe, TeH), wie die entsprechende Schwefelverbindung darzustellen, bildet weiße, bei 80° in Dampf übergehende Krystallblättchen.

Die Erzzeuger (Phosphor, Arsen und Antimon) und Glaszeuger (Kiesel und Bor) verbinden sich nicht mit dem Ammonium, wohl aber die Fluoride der letzteren mit Fluorammonium. Fluorbor-Fluorammonium (AmF, BF_3) entsteht bei der Einwirkung von Borsäure auf Fluorammonium unter Freiwerden von Ammoniak, ist weiß oder durchsichtig, aber nicht krystallinisch, wenn es durch Sublimation wasserfrei erhalten, und krystallisirt mit Wasser in kleinen sechsseitigen Säulen, schmeckt sehr salzig, röthet Lakmus und ist auch in Weingeist löslich; die wässerige Lösung greift das Glas nicht an. Fluorkiesel-Fluorammonium (3AmF, $2SiF_3$) wird durch Zersetzung eines Fluorkiesel-Fluoralkalimetalles mit Salmiak in der Hitze oder durch Neutralisation der Kieselfluorwasserstoffsäure mit Ammoniak erhalten, krystallisirt in wasserhaltigen, großen, glänzenden, durchsichtigen, vier- oder sechsseitigen Säulen, verknistert in der Hitze und ist nicht schmelzbar, aber flüchtig, schmeckt sehr salzig, reagirt sauer und löst sich leicht in Wasser; die Lösung greift in der Siedhitze Glas an.

Ueber Ammoniumamalgam vergl. §. 393.

b) Von den Erdalkalimetallen.

§. 401. Die Erdalkalimetalle, das Calcium, Strontium und Baryum, sind ebenfalls, wie die Alkalimetalle, weiß, metallglänzend und weich, aber immer schwerer als Schwefelsäure; sie schmelzen in der Rothglühhitze, verdampfen aber erst in der strengsten Weißglühhitze, oxydiren sich leicht an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur, verbrennen beim Erhitzen mit farbigem Licht und zersetzen das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur unter Entwicklung von Wasserstoffgas. Wegen ihrer großen Verwandtschaft zum Sauerstoff finden sie sich in der Natur immer nur oxydirt und an Säuren gebunden (zum Theil auch mit Chlor u. s. w. verbunden). Sie können sich mit dem Sauerstoff nur in zwei Verhältnissen verbinden und bilden namentlich zu gleichen Aequivalenten verbunden starke basische Oxyde, die sog. Erdalkalien, erdigen Alkalien, alkalischen Erden; diese stellen weiße, zusammenhängende Massen oder Pulver dar, sind im Ofenfeuer unschmelzbar und feuerbeständig, verbinden sich mit 1 Aequiv. Wasser unter Erhitzung zu Erdalkalihydraten, wirken deßhalb ätzend, reagiren stark alkalisch, zerfallen an der Luft zu weißen, aus Hydrat und kohlensaurem Salze bestehenden Pulvern und lösen sich mehr oder minder leicht in Wasser, damit Flüssigkeiten bildend, die sich an der

Luft durch Anziehung von Kohlensäure und dadurch bedingte Bildung eines unlöslichen Salzes trüben und zuletzt alles aufgelöste Erdalkali abscheiden und reines Wasser hinterlassen. In Weingeist sind sie unlöslich, entziehen aber diesem, wenn er wasserhaltig ist, den größten Theil des Wassers. Die Salze der Erdalkalien sind zum Theil löslich, zum Theil unlöslich, die meisten in Wasser unlöslichen aber in einem Ueberschuß von Säure löslich und reagiren meist neutral; die schwefelsauren und kohlensauren Salze sind in Wasser ganz oder beinahe unlöslich, und letztere entlassen in starker Glühhitze entweder für sich oder in Berührung mit Kohle die Kohlensäure; die schwefelsauren Salze geben beim Glühen mit Kohle Schwefelerdalkalimetalle. — Die Erdalkalimetalle verbinden sich auch mit den Salz-, Kies- und Erzzeugern.

Ueber die Trias der Erdalkalimetalle vergl. §. 65.

5. Vom Calcium.

Symb. und Aequiv. Ca = 20,0. Atomengew. (H = 1,0) 40,0 oder (O = 100,0) 250,0. Spec. Gewicht und Wärme?

(Vergl. Bd. 3, S. 46).

Calcium und Sauerstoff.

§. 402. Das Calcium hat eine große Verwandtschaft zum Sauerstoff; beim Aussetzen an die Luft oxydirt es sich schnell, beim gleichzeitigen Erhitzen unter Feuerentwicklung, und verwandelt sich sowohl hierbei, als auch beim Einwerfen in Wasser unter Entwicklung von Wasserstoffgas in Calciumoxyd, CaO; unter gewissen Umständen kann sich auch ein Superoxyd, CaO_2, bilden.

Calciumsuperoxyd, CaO_2, ist nur als Hydrat bekannt, das sich bildet, wenn Kalkwasser mit wasserhaltigem Wasserstoffsuperoxyd vermischt wird und in sehr zarten Schuppen niederfällt.

Calciumoxyd, Kalk (vergl. Bd. 3, S. 202—205).

71,43 —	20,0	Calcium	75,7 —	28,0	Calciumoxyd
28,57 —	8,0	Sauerstoff	24,3 —	9,0	Wasser
100,00 —	28,0	Calciumoxyd:	100,0 —	37,0	Calciumoxydhydrat.

Symb. und Aequiv. CaO = 28,0 und CaO, Aq. = 37,0.

Darstellung, Eigenschaften u. s. w. des Calciumoxydes und seines Hydrates vergl. a. a. O.

§. 403. Das Calciumoxyd hat eine große Verwandtschaft zu den Säuren und bildet mit ihnen die Calciumoxyd- oder Kalksalze, Sales calcici; diese sind bei farbloser Säure ungefärbt und feuerbeständig, wenn nicht die Säure eine nur schwache Affinität hat oder in der Hitze zersetzt wird; sie lösen sich zum Theil leicht, zum Theil schwierig, zum Theil gar nicht in Wasser, einige auch in Weingeist, und die in Wasser unlöslichen, mit Ausnahme des nur wenig löslichen schwefelsauren Salzes, leicht in Salzsäure und Salpetersäure. Nur wenige färben an dem Platindraht vor dem Löthrohr die Flamme roth und die Färbung hört mit der Entwässerung auf; die Flamme des über löslichen Kalksalzen erhitzten Weingeistes wird roth mit gelblicher Beimischung gefärbt. Die nicht zu verdünnte Lösung der Kalksalze giebt mit den ätzenden Alkalien (nicht mit Ammoniak) einen weißen, aus Kalihydrat bestehenden und mit schwefelsauren und sauren kohlensauren Alkalien einen aus kohlensaurem Kalk bestehenden Niederschlag (bei großer Verdünnung wird wegen der Löslichkeit des Hydrates oder des schwefelsauren Salzes oder der Bildung von saurem kohlensaurem Kalk keine Fällung hervorgebracht); selbst sehr verdünnte Lösungen der Kalksalze geben

mit kohlensauren, phosphorsauren, arsenigsauren, arsensauren, borsauren, weinsteinsauren und citronensauren Alkalien, wolframsauren Natron und Oxalsäure weiße, aus den betreffenden Kalksalzen bestehende und in Salzsäure leicht lösliche Niederschläge; nur sehr concentrirte Lösungen der Kalksalze werden durch Kaliumeisencyanür, iodsaures und bernsteinsaures Natron nach einiger Zeit gefällt. Der Kalk bildet auch mit den Salzen mehrerer anderer Basen Doppelverbindungen.

Man erhält die Kalksalze gewöhnlich durch Lösen des reinen oder kohlensauren Kalkes in Säure, einige auch durch einfache oder doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Kalksalze vergl. Bd. 3, S. 1218 bis 1225.

Calcium und Salzzeuger.

Chlorcalcium, chlorwasserstoffsaurer Kalk (vergl. Bd. 3, S. 306—308).

36,06	—	20,000	Calcium
63,94	—	35,463	Chlor
100,00	—	55,463	Chlorcalcium.

Symb. und Aequiv. CaCl = 55,463. Atom. CaCl ($CaCl_2$).

§. 404. Das Chlorcalcium bildet sich beim Erhitzen des Kalkes in Chlorgas und salzsaurem Gas, in ersterem unter Entwicklung von Sauerstoffgas, in letzterem unter Bildung von Wasser. Bei der Behandlung mit Schwefelsäure wird es vollständig, mit wässeriger Essigsäure nur zum geringen Theil unter Entwicklung von Salzsäure zersetzt. Wird eine wässerige Lösung des Chlorcaliums mit Kalk gekocht, so scheidet sich beim Erkalten Calciumoxychlorid (CaCl, 3CaO, 15 Aq.) in dünnen silberglänzenden Nadeln ab; dieses zerfällt bei der Behandlung mit Wasser oder Weingeist in sich lösendes Chlorcalcium und unlösliches Kalkhydrat. Das Chlorcalcium verbindet sich mit mehreren Chlormetallen.

Ueber Darstellung, Eigenschaften u. s. w. des Chlorcalciums vergl. a. a. O.

Bromcalcium, bromwasserstoffsaurer Kalk.

20,0	—	20,0	Calcium
80,0	—	80,0	Brom
100,0	—	100,0	Bromcalcium.

Symb. und Aequiv. CaBr = 100,0. Atom. CaBr ($CaBr_2$).

§. 405. Das Bromcalcium bildet sich bei der Einwirkung des Bromwasserstoffes auf reinen oder kohlensauren Kalk, bei der Zersetzung des Bromeisens durch Kalk und beim Erhitzen des Kalkes in Brombampf und stellt eine weiße, scharf und bitter schmeckende Masse dar, zerfließt rasch an der Luft, erhitzt sich mit Wasser, ist auch in Weingeist löslich, schmilzt in starker Glühhitze unter theilweiser Zersetzung, entwickelt mit Schwefelsäurehydrat Bromwasserstoff, Brom und schwefelige Säure, und verbindet sich mit mehreren Brommetallen.

Aus der concentrirten wässerigen Lösung des Bromcalciums scheiden sich schwierig wasserhaltige, farblose, seidenglänzende Nadeln ab; beim Kochen der Lösung mit Kalk wird ein Calciumoxybromid erhalten, welches durch Wasser und Weingeist wie die entsprechende Chlorverbindung zersetzt wird.

Jodcalcium, iodwasserstoffsaurer Kalk.

13,61	—	20,000	Calcium
86,39	—	126,845	Jod
100,00	—	146,845	Jodcalcium.

Symb. und Aequiv. CaI = 146,845. Atom. CaI (CaI_2).

§. 406. Das durch Lösen des Kalkes in wässerigem Jodwasserstoff und Verdunsten bei abgehaltener Luft erhaltene Jodcalcium stellt eine weiße, scharf und bitter schmeckende Masse dar, zerfließt an der Luft, löst sich leicht in Wasser und zerfällt beim Glühen an der Luft in Kalk und Jod; die wässerige Lösung giebt bei starker Concentration und Abkühlung wasserhaltige lange Nadeln und bedeckt sich beim Verdunsten an der Luft mit einer Haut von kohlensaurem Kalk.

Calciumsuperiodid wird durch Sättigen einer Jodcalciumlösung mit Jod als eine schwarze Flüssigkeit erhalten, die bei Zusatz von Kalkhydrat eine basische, schwarze, pulverige Verbindung fallen läßt und beim Verdunsten in der Evaporationsglocke neben Kalihydrat oder kohlensaurem Kali große, schwarzgraue, fast metallglänzende Krystalle giebt.

Fluorcalcium, fluorwasserstoffsaurer Kalk.

51,5	—	20,000	Calcium
48,5	—	18,834	Fluor
100,0	—	38,834	Fluorcalcium.

Symb. und Aequiv. Ca F = 38,834. Atom. Ca F (CaF_2).

§. 407. Das Fluorcalcium findet sich natürlich als Flußspath in Würfeln und Oktaëdern krystallisirt, auch in einigen Mineralwässern und im thierischen Körper, bildet sich bei der Behandlung des frisch gefällten kohlensauren Kalkes mit wässeriger Fluorwasserstoffsäure, oder bei der Fällung eines Kalksalzes mit einem löslichen Fluormetall oder mit Fluorwasserstoffsäure und stellt dann ein weißes, luftbeständiges, geschmackloses Pulver dar. Der Flußspath ist verschiedenartig gefärbt, leicht spaltbar und von 3,14—3,177 spec. Gewicht, verknistert beim Erhitzen, schmilzt erst bei starker Glühhitze und gesteht beim Erkalten zu einer Krystallmasse von unverändertem spec. Gewicht und dem Blätterdurchgang des Oktaëders, phosphorescirt durch Bestrahlung oder Erhitzung und ist in Wasser unlöslich, löst sich aber etwas in wässeriger Salzsäure und Fluorwasserstoffsäure. Beim anhaltenden Erhitzen vor dem Löthrohr hinterläßt das Fluorcalcium unter Entwicklung von Fluorwasserstoffsäure reinen Kalk; es gibt mit kalter Schwefelsäure, Salzsäure oder Salpetersäure eine durchsichtige, mehr oder minder zähe Flüssigkeit, die auf Zusatz von Wasser das Fluorcalcium wieder fallen läßt; durch Erhitzung mit Schwefelsäure wird es vollständig, durch Salpetersäure nur theilweise unter Entwicklung von Fluorwasserstoffsäure und Bildung von schwefelsaurem oder salpetersaurem Kalk zersetzt; kochende ätzende Alkalien oder schmelzende Alkalihydrate wirken nicht auf Fluorcalcium, wohl aber unter theilweisem Umtausch der Bestandtheile die schmelzenden kohlensauren Alkalien.

Ueber Fluorborcalcium und Fluorkieselcalcium vergl. §. 411.

Calcium und Kieszeuger.

Schwefelcalcium, (vergl. Bd. 3, S. 378—380).

§. 408. Das Calcium kann sich in mehreren Verhältnissen mit Schwefel verbinden:

Einfach-Schwefelcalcium, Ca S, bildet sich beim Glühen des Kalkes in Schwefelwasserstoffgas oder beim Glühen des schwefelsauren Kalkes mit Kohle und, neben schwefelsaurem Kalk, beim Erhitzen des reinen oder kohlensauren Kalks mit Schwefel (Eigenschaften vergl. a. a. O.). Wird das Schwefelcalcium wiederholt mit großen Mengen Wasser gekocht, so bildet sich unter Abscheidung von Kalkhydrat eine Lösung von Schwefel-

wasserstoff-Schwefelcalcium, (CaS, SH), die auch durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in mit Wasser vertheiltes Kalkhydrat oder Schwefelcalcium erhalten wird, und eine farblose, scharf hepatisch und bitter schmeckende, alkalisch reagirende und gelinde ätzend wirkende Flüssigkeit darstellt, welche beim Verdunsten viel Schwefelwasserstoffgas ausgiebt.

Zweifach-Schwefelcalcium, CaS_2, bildet sich beim Kochen der Kalkmilch mit Schwefel, ist sehr löslich und krystallisirt in rothgelben Nadeln mit Wasser (CaS_2, 3 Aq.).

Fünffach-Schwefelcalcium, CaS_5, bildet sich beim längeren Kochen der Kalkmilch mit überschüssigem Schwefel; die rothbraune Flüssigkeit giebt beim Verdunsten im luftleeren Raum eine unkrystallinische, gelbe, in Wasser und Weingeist lösliche Masse, welche beim Erhitzen in Einfach-Schwefelcalcium zurückgeht. Ein Calciumoxysulphuret (CaS_5, 5CaO, 20 Aq.) entsteht beim Kochen von Schwefel mit überschüssigem Kalk und Wasser, oder beim Einkochen der Lösung des Schwefelwasserstoff-Schwefelcalciums an der Luft; beim Erkalten des Filtrates in verschlossenen Gefäßen krystallisirt die Verbindung in durchscheinenden, pomeranzengelben, unregelmäßig sechsseitigen Säulen; es schmeckt ätzend bitter und hepatisch, ist trocken luftbeständig, reagirt alkalisch, entwickelt in der Hitze Wasser und Schwefel, gibt mit Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas Schwefel und zerfällt durch vieles Wasser in eine Lösung von Fünffach-Schwefelcalcium und einen Rückstand von Kalkhydrat.

Selencalcium.

§. 409. Das Calcium verbindet sich auch mit dem Selen in mehreren Verhältnissen:

Einfach-Selencalcium, CaSe, bildet sich bei der Zersetzung des Chlorcalciums durch Selenkalium als ein fleischrother Niederschlag oder neben selenigsaurem Kalk beim Glühen des Kalkes mit Selen als ein fleischrothes, geruch- und geschmackloses, in Wasser unlösliches Pulver, oder beim längeren Aufbewahren von wässerigem Selenwasserstoff-Selencalcium (das durch Sättigen des Kalkwassers mit Selenwasserstoff bei abgehaltener Luft erhalten wird und eine wasserhelle, an der Luft roth werdende Flüssigkeit darstellt) in lose verstopften Gläsern in dunkelbraunen, undurchsichtigen, geraden vierseitigen Säulen.

Eine an Selen reichere Verbindung bildet sich neben selenigsaurem Kalk beim nicht bis zum Glühen gesteigerten Erhitzen des Kalkes mit Selen und stellt eine braun-schwarze, zusammengesinterte, geruch- und geschmacklose, in Wasser unlösliche Masse dar, die beim stärkeren Erhitzen Einfach-Selencalcium hinterläßt und bei der Berührung mit Säuren Selen fallen läßt.

Tellurcalcium ist unbekannt.

Calcium und Erzzeuger.

Phosphorcalcium.

§. 410. Man erhält diese Verbindung (CaP) mit phosphorsaurem Kalk vermengt beim Zusammenbringen von Phosphor mit gelinde glühendem Kalk als ein schwarzes, nicht metallglänzendes (bei Ueberschuß von Phosphor) oder rothbraunes Pulver, welches beim Glühen allen Phosphor entläßt und reinen Kalk hinterläßt, an der Luft erhitzt zu phosphorsaurem Kalk verbrennt, durch unterchlorigsaures Gas unter Verpuffung in phosphorsauren Kalk verwandelt wird, beim Erhitzen in Chlorgas Fünffach-Chlorphosphor, Chlorcalcium, phosphorsauren und freien Kalk und beim Erhitzen mit Schwefel Schwefelcalcium, phosphorsauren und schwefelsauren Kalk giebt,

durch Wasser in leicht entzündliches Phosphorwasserstoffgas, unterphosphorigsauren und phosphorsauren Kalk zerfällt, und mit concentrirter Salzsäure schwer entzündliches Phosphorwasserstoffgas entwickelt.

Arsencalcium und Antimoncalcium sind unbekannt.

Calcium und Glaszeuger.

§. 411. Das Calcium ist noch nicht mit Bor oder Kiesel verbunden worden; die Fluoride des Bors und Kiesels vereinigen sich aber mit Fluorcalcium.

Fluorborcalcium (CaF, BF_3) wird beim freiwilligen Verdunsten der Lösung des kohlensauren Kalkes in vierfach-fluorwasserstoffsaurer Borsäure oder des künstlich bereiteten Fluorcalciums in dreifach-fluorwasserstoffsaurer Borsäure als ein gallertartiger, sauer schmeckender und reagirender Niederschlag erhalten; zerfällt durch Wasser in eine lösliche saure und unlösliche basische Verbindung.

Fluorkieselcalcium (3 CaF, 2 SiF_3, 6 Aq.) wird bei der Digestion des Flußspathes und der Kieselerde mit Fluorwasserstoffsäure oder beim Lösen von kohlensaurem Kalk in Kieselfluorwasserstoffsäure und Verdunsten in vierseitigen Säulen krystallisirt erhalten, wird durch Glühen für sich oder Erhitzen mit Schwefelsäure zersetzt und löst sich in Wasser unter theilweiser Zersetzung.

Calcium und Metalle.

§. 412. Von den Verbindungen des Calciums mit anderen Metallen kennt man nur die mit Quecksilber, das Calciumamalgam, welches bei der Zersetzung des Kalkhydrates durch den galvanischen Strom bei Gegenwart von Quecksilber oder aus Natriumamalgam und concentrirter Chlorcalciumlösung erhalten wird, flüssig ist, an der Luft sich mit einer schwarzen Haut überzieht, unter Wasser in Quecksilber, Wasserstoffgas und Kalkwasser zerfällt und sich nicht mit Eisen amalgamiren läßt.

6. Vom Strontium.

Symb. und Aequiv. Sr = 43,841. Atomengew. (H = 1,0) 87,682 oder (O = 100,0) 548,020. Spec. Gewicht und Wärme?

(Vergl. Bd. 3, S. 47.)

Strontium und Sauerstoff.

§. 413. Das Strontium oxydirt sich an der Luft und verwandelt sich beim Erhitzen unter Feuerentwicklung oder beim Einwerfen in Wasser unter Entwicklung von Wasserstoffgas in Strontiumoxyd, SrO; unter gewissen Umständen kann sich auch Strontiumsuperoxyd, SrO_2, bilden.

Strontiumsuperoxyd, SrO_2, aus Strontianwasser durch Wasserstoffsuperoxyd zu bilden, scheidet sich als Hydrat in perlglänzenden Schuppen ab.

Strontiumoxyd, Strontian.

82,52 — 43,481	Strontium		85,01 — 51,481	Strontiumoxyd	
17,48 — 8,000	Sauerstoff		14,99 — 9,000	Wasser.	
100,00 — 51,481	Strontian:		100,00 — 60,481	Strontianhydrat.	

Symb. und Aequiv. SrO = 51,481 und SrO, Aq. = 60,481.

§. 414. Das Strontiumoxyd stellt eine grau-weiße, poröse Masse von 3,9321 spec. Gewicht dar, ist unschmelzbar und nicht flüchtig, schmeckt und reagirt alkalisch, wirkt weniger ätzend als die Alkalien und Baryt, aber mehr als Kalk, wird durch Elektricität und den brennenden Strom des Knallgases

zersetzt und zerfällt mit Wasser unter Wärmeentwicklung zu Strontiumoxyd- oder Strontianhydrat (SrO, Aq.), welches ein weißes Pulver darstellt, in der Hitze bei längerem Glühen durchsichtig wird, bei stärkerem Feuer alles Wasser verliert und sich ziemlich leicht in Wasser löst; aus der heiß bereiteten concentrirten Lösung scheiden sich beim Erkalten wasserhaltige vierseitige Tafeln oder Nadeln (SrO, 9 Aq.) ab, die bei 100° das Hydrat als eine verwitterte Masse hinterlassen und an der Luft zu kohlensaurem Strontian zerfallen; die wässerige Lösung schmeckt und reagirt alkalisch, bedeckt sich an der Luft mit kohlensaurem Strontian und wird durch Schwefelsäure gefällt.

Man erhält den Strontian wie den Baryt (vergl. Bd. 3, S. 205 u. 208) gewöhnlich aus natürlichem schwefelsaurem (Cölestin), seltener aus kohlensaurem Strontian.

§. 415. Das Strontiumoxyd bildet mit den Säuren die Strontiumoxyd- oder Strontiansalze, Sales strontici; diese sind bei ungefärbter und feuerbeständiger Säure farblos und feuerbeständig, wirken nicht giftig, wenn die Säure nicht giftig ist, und sind zum Theil leicht, zum Theil schwierig, zum Theil gar nicht, die in Wasser unlöslichen aber, mit Ausnahme des schwefelsauren Salzes, in verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure löslich. Sie färben die Löthrohrflamme carminroth und die in Wasser löslichen auch die Flamme einer Kerze, des Weingeistes oder Holzgeistes. Alle Strontiansalze, mit Ausnahme des phosphorsauren und schwefelsauren Salzes, entlassen an die Aetzalkalien die Säure. Die Lösungen der Strontiansalze verhalten sich gegen ätzende, neutrale und saure kohlensaure, phosphorsaure, arsenigsaure, oxalsaure und weinsteinsaure Alkalien wie die der Kalksalze (vergl. §. 403), werden aber bei großer Verdünnung noch durch Schwefelsäure und selbst durch Gypswasser und im concentrirten Zustand durch iodsaures Natron, neutrales chromsaures Kali und bernsteinsaures Ammoniak, aber nicht durch Kaliumeisencyanür gefällt.

Man erhält die Strontiansalze durch Neutralisiren der Säure mit reinem oder kohlensaurem Strontian oder durch doppelte Affinität. Wichtig sind: Salpetersaurer Strontian (SrO, NO_5) krystallisirt in der Wärme aus concentrirten Lösungen wasserfrei in wasserhellen Oktaëdern und Cubo-Oktaëdern, in der Kälte aus verdünnteren Lösungen in wasserhaltigen, schiefen rhombischen Säulen ($SrO, NO_5, 5\,Aq.$), die sehr leicht verwittern; er löst sich leicht in Wasser, nicht in Weingeist, und verpufft auf glühenden Kohlen mit rother Flamme (dient zur Rothfeuermasse). Kohlensaurer Strontian (SrO, CO_2) findet sich in der Natur als Strontianit in rhombischen Säulen krystallisirt, ist künstlich dargestellt ein weißes Pulver und löst sich etwas in kohlensaurem Wasser. Schwefelsaurer Strontian (SrO, SO^3) findet sich natürlich als Cölestin in geraden rhombischen Säulen krystallisirt; ist künstlich dargestellt ein weißes, sehr wenig in Salzsäure und Salpetersäure lösliches Pulver.

Strontium und Salzzeuger.

Chlorstrontium, chlorwasserstoffsaurer Strontian.

54,95	— 43,481	Strontium
45,05	— 34,463	Chlor.
100,00	— 78,944	Chlorstrontium.

Symb. und Aequiv. $SrCl = 78{,}944$. Atom. Sr-Cl ($SrCl_2$).

§. 416. Das Strontiumoxyd verhält sich gegen Chlor und Chlorwasserstoffgas

wie der Kalk; das gebildete Chlorstrontium ist weiß und pulverig und stellt nach dem Schmelzen eine weiße, halbdurchsichtige, schmelzähnliche Masse dar, ist strengflüssig, nicht flüchtig, von 2,8033 spec. Gewicht, schmeckt scharf und bitter, löst sich in Wasser unter Wärmeentwicklung, auch in Weingeist, und wird beim Glühen an der Luft unter Verlust von Chlor und Aufnahme von Sauerstoff alkalisch. Aus der concentrirten wässerigen Lösung krystallisirt bei der Abkühlung das Chlorstrontium mit Wasser (Sr Cl, 6 Aq.) in langen sechsseitigen Nadeln, welche an der Luft zerfließen, beim Erhitzen schmelzen und das Wasser verlieren und insbesondere die Flamme der Kerzen oder des Weingeists lebhaft roth färben.

Man erhält das Chlorstrontium durch Zersetzung des beim Glühen von schwefelsaurem Strontian mit Kohle erhaltenen Schwefelstrontiums mit Salzsäure und Verdunsten des Filtrates.

Bromstrontium, bromwasserstoffsaurer Strontian.

35,21	—	43,481	Strontium
64,79	—	80,000	Brom.
100,00	—	123,481	Bromstrontium.

Symb. und Aequiv. Sr Br = 123,481. Atom. Sr**Br** ($SrBr_2$).

§. 417. Das durch Lösen des kohlensauren Strontians in wässerigem Bromwasserstoff, Verdunsten und Erhitzen des Rückstandes erhaltene Bromstrontium ist weiß, in der Glühhitze ohne Zersetzung schmelzbar und krystallisirt aus der concentrirten Lösung beim Abkühlen mit Wasser (Sr Br, 6 Aq.) in sehr langen, luftbeständigen (?) Nadeln, die beim Erhitzen in dem Krystallwasser schmelzen und dieses entlassen.

Jodstrontium, SrI, wie das vorige durch wässerigen Jodwasserstoff darzustellen, schmilzt in der Rothglühhitze ohne Zersetzung, geht aber bei Zutritt der Luft unter Verflüchtigung des Jodes und Aufnahme von Sauerstoff in Strontian über.

Fluorstrontium, SrF, durch Fällung des Strontianwassers mit Fluorwasserstoffsäure oder der salpetersauren Strontianlösung mit Fluornatriumlösung darzustellen, ist ein weißes, wenig in Wasser und wässeriger Fluorwasserstoffsäure lösliches Pulver.

Strontium und Kieszeuger.

Schwefelstrontium.

§. 418. Das Strontium vereinigt sich wie das Calcium in mehreren Verhältnissen mit Schwefel. Einfach-Schwefelstrontium, SrS, wird durch Glühen des schwefelsauren Strontians mit Kohle als eine weiße, körnige zusammengebackene, zerreibliche Masse erhalten, die beim Lösen in kochendem Wasser und Erkalten viele Krystalle von reinem Strontian giebt und in der Mutterlauge Schwefelwasserstoff-Schwefelstrontium (Sr S, SH) behält, das auch aus dem Einfach-Schwefelstrontium durch wenig Wasser ausgezogen und durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in Strontianwasser oder in eine wässerige Lösung von Schwefelstrontium bis zur Sättigung erhalten wird und beim Verdampfen im luftleeren Raum in großen gestreiften Säulen krystallisirt; verhält sich sonst wie die entsprechende Calciumverbindung, nur daß sich beim Kochen Strontian in Krystallen abscheidet.

Fünffach-Schwefelstrontium, SrS_5, wird durch Kochen der Schwefelstrontiumlösung oder (neben unterschwefeligsaurem Strontian) des Strontianwassers mit Schwefel erhalten, ist eine gelbe, bittere, alkalische, ätzende Flüssigkeit, welche beim Verdunsten im luftleeren Raume eine

blaßgelbe, nicht krystallinische Masse zurückläßt und an der Luft unter Abscheidung von Schwefel in unterschwefeligsauren Strontian übergeht.

Selenstrontium, SrSe, und Selenwasserstoff-Selenstrontium (SrSe, SeH) sind beide in Wasser löslich.

Tellurstrontium ist unbekannt.

Phosphorstrontium verhält sich wie Phosphorcalcium; Arsenstrontium und Antimonstrontium sind unbekannt.

Bor und Kiesel lassen sich nicht mit Strontium verbinden, aber die Fluoride derselben verbinden sich mit Fluorstrontium. Fluorborstrontium (SrF, BF_3) ist sehr löslich; Fluorkieselstrontium (3SrF, 2SiF_3) krystallisirt in wasserhaltigen, kurzen, rhombischen Säulen, entläßt in der Hitze das Wasser und wird beim Lösen in Wasser theilweise zersetzt.

Strontium und Metalle.

§. 419. Man kennt bis jetzt bloß das Strontiumamalgam, welches wie das Calciumamalgam erhalten wird, etwas dickflüssig ist, an der Luft bald in Quecksilber und kohlensauren Strontian zerfällt und mit Wasser Strontianwasser und Wasserstoffgas gibt.

7. Vom Baryum.

Symb. und Aequiv. Ba = 68,640. Atomengew. (H = 1,0) 137,280 oder (O = 100,0) 858,010. Spec. Gewicht = 4,0. Spec. Wärme?

(Vergl. Bd. 3, S. 47.)

Baryum und Sauerstoff.

§. 420. Das Baryum überzieht sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft mit einer weißen Rinde und zerfällt endlich zu einem weißen Pulver; beim gelinden Erhitzen verbrennt es an der Luft mit dunkelrothem Lichte, in Sauerstoffgas mit chrysolithgrüner Flamme; es verwandelt sich hierbei in reines, bei Berührung mit Wasser unter Wasserstoffgasentwicklung in wasserhaltiges Baryumoxyd, BaO, welches im glühenden Zustand bei Berührung mit Sauerstoffgas in Baryumsuperoxyd, BaO_2, übergeht.

Baryumsuperoxyd, BaO_2, wird im wasserfreien Zustand durch Erhitzen von Baryumoxyd in Sauerstoffgas gewonnen, ist dunkler grau und schmelzbarer als das Oxyd, entläßt bei heftiger Glühhitze die Hälfte Sauerstoff, verwandelt sich beim Erhitzen in Wasserstoffgas unter Funkensprühen in Barythydrat, entläßt auch an Kohle, Schwefel, Phosphor, Bor und Metalle in der Hitze den überschüssigen Sauerstoff, zersetzt sich in warmem Wasser oder kohlensaurem Gas in Sauerstoffgas und Barytwasser oder kohlensauren Baryt und löst sich in wässerigen Säuren zu einem Barytsalz, während sich der abscheidende Sauerstoff mit Wasser verbindet (vergl. Wasserstoffsuperoxyd §. 81). Mit kaltem Wasser verwandelt es sich in Baryumsuperoxydhydrat (BaO_2, 6 Aq.?), welches bei der Behandlung des mit chlorsaurem Kali schwach geglühten Baryts mit Wasser oder auch bei der Vermischung des salzsäure- oder salpetersäurehaltigen Wasserstoffsuperoxydes mit kaltem überschüssigem Barytwasser erhalten wird und im letzteren Falle in perlglänzenden Schuppen niederfällt, die sich wenig in kaltem Wasser lösen und durch siedendes Wasser in Sauerstoffgas und Barytwasser zersetzt werden.

Barynmoxyd, Baryt (vergl. Bd. 3, S. 205—208).

89,56 — 68,64 Baryum		89,49 — 76,64 Baryt	
10,44 — 8,00 Sauerstoff		10,51 — 9,00 Wasser	
100,00 — 76,64 Baryt:		100,00 — 85,64 Barythydrat.	

Symb. und Aequiv. $BaO = 76,64$, und $BaO, Aq. = 85,64$.

§. 421. Die aus der heiß bereiteten wässerigen Lösung des Barytes anschießenden Krystalle sind $BaO, 9 Aq$. Der Baryt wird durch einen starken elektrischen Strom, in dem Knallgasgebläse, durch Erhitzen mit Phosphor und Schwefel, durch Wasserstoffsäuren und in der Hitze durch Schwefelkohlenstoff zersetzt.

Darstellung, Eigenschaften u. s. w. des Barytes und seines Hydrates vgl. a. a. O.

§. 422. Das Baryumoxyd hat zu vielen Säuren unter allen salzfähigen Basen die stärkste Affinität und bildet mit ihnen die Baryumoxyd- oder Barytsalze, Sales barytici. Diese zeichnen sich durch ihr bedeutendes spec. Gewicht aus, sind bei ungefärbter Säure farblos, wirken, wenn sie löslich sind, giftig und lösen sich größtentheils nur schwierig oder gar nicht in Wasser, aber, mit Ausnahme des schwefelsauren Salzes, alle in verdünnter Salpetersäure oder Salzsäure; viele färben die Weingeistflamme grüngelb. Die wässerige Lösung der Barytsalze wird selbst im verdünnten Zustand durch kohlensaure, halbphosphorsaure, arsensaure, iodsaure, chromsaure, oxalsaure und weinsteinsaure Alkalien und in mehr concentrirtem Zustand durch Borax und Kaliumeisencyanür, die salpetersaure oder auch die 400,000fach verdünnte wässerige Lösung durch Schwefelsäure und deren Salze gefällt.

Man erhält die Barytsalze seltener aus dem natürlichen kohlensauren, sondern meist aus dem schwefelsauren Salz, welches durch Glühen mit Kohle in Schwefelbaryum verwandelt und dieses durch die betreffende Säure zersetzt wird; einige werden auch durch doppelte Affinität dargestellt. Ueber die wichtigsten Barytsalze mit unorganischen Säuren vergl. Bd. 3, S. 1229—1232.

Baryum und Salzzeuger.

Chlorbaryum, chlorwasserstoffsaurer Baryt (vergl. Bd. 3, S. 308—314.)

65,94 — 68,640 Baryum
34,06 — 35,463 Chlor
100,00 — 104,103 Chlorbaryum.

Symb. und Aequiv. $BaCl = 104,103$. Atom. Ba-Cl ($BaCl_2$).

§. 423. Das Chlorbaryum krystallisirt aus seiner wässerigen Lösung mit Wasser ($BaCl, 2 Aq.$), entläßt dieses in der Hitze, schmilzt dann bei starker Rothglühhitze und stellt nach dem Erkalten eine weiße, durchscheinende Masse von 3,7—4,0 spec. Gewicht dar; beim glühenden Schmelzen wird es durch den Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes alkalisch, leichter und unter Bildung von Salzsäure beim Glühen in Wasserdampf; durch Glühen mit Schwefel wird es nur zum Theil in Schwefelbaryum verwandelt.

Ueber Darstellung, Eigenschaften u. s. w. des krystallisirten Chlorbaryums vergl. a. a. O.

Brombaryum, bromwasserstoffsaurer Baryt.

46,18 — 68,64 Baryum
53,82 — 80,00 Brom.
100,00 — 148,64 Brombaryum.

Symb. und Aequiv. $BaBr = 148,64$. Atom. Ba-Br ($BaBr_2$).

§. 424. Das Brombaryum wird durch Sättigen des reinen oder kohlensauren Barytes oder durch Zersetzung des Schwefelbaryums mit Bromwasserstoff erhalten und krystallisirt mit Wasser (BaBr, 2 Aq.) in wasserhellen, luftbeständigen, rhombischen Tafeln oder feinen Nadeln, schmilzt in der Hitze, schmeckt wie Chlorbaryum, doch herber, und löst sich leicht in Wasser und wasserfreiem Weingeist.

Durch Einleiten von kohlensaurem Gas in die wässerige Lösung des Brombaryums bildet sich Baryumsuperbromid unter gelber Färbung der Flüssigkeit und Abscheidung von kohlensaurem Baryt.

Jodbaryum, iodwasserstoffsaurer Baryt.

35,11 —	68,640	Baryum
64,89 —	126,845	Jod
100,00 —	195,485	Jodbaryum.

Symb. und Aequiv. BaI = 195,485. Atom. BaI (BaI_2).

§. 425. Das Jodbaryum wird wasserfrei und unter Feuerentwicklung beim Leiten von Jodwasserstoff über glühenden Baryt als eine weiße, nicht schmelzbare Masse, wasserhaltig durch Zersetzung der wässerigen Schwefelbaryumlösung mit weingeistiger Jodlösung und Verdunsten in sehr feinen Nadeln (BaI, 2 Aq.?) erhalten; es löst sich leicht in Wasser und Weingeist, ist bei abgehaltener Luft feuerbeständig und zerfällt beim Glühen an der Luft in Jod und Baryt.

Die Lösung des Jodbaryums wird an der Luft in Baryumsuperiodid und kohlensauren Baryt verwandelt.

Fluorbaryum, fluorwasserstoffsaurer Baryt.

78,47 —	68,640	Baryum
21,53 —	18,834	Fluor
100,00 —	87,474	Fluorbaryum.

Symb. und Aequiv. BaF = 87,474. Atom. BaF (BaF_2).

§. 426. Das Fluorbaryum bildet sich bei der Sättigung der Fluorwasserstoffsäure mit wässerigem reinem oder kohlensaurem Baryt oder bei der Zersetzung des salpetersauren Baryts durch Fluornatrium als ein weißes Pulver oder als eine feinkörnige Krystallrinde, wird nicht durch Glühen verändert und löst sich nur wenig in Wasser, leicht in Salzsäure, Fluorwasserstoffsäure und Salpetersäure.

Ueber Fluorborbaryum und Fluorkieselbaryum vergl. §. 428.

Baryum und Kieszeuger.

Schwefelbaryum.

§. 427. Das Baryum verbindet sich, wie das Calcium und Strontium, in mehreren Verhältnissen mit Schwefel.

Einfach-Schwefelbaryum, BaS, bildet sich beim Glühen des Aetzbarytes mit Schwefel oder Schwefelwasserstoff und bei der Einwirkung von Wasserstoffgas oder Kohle auf glühenden schwefelsauren Baryt; es ist weiß, stellenweise grau, krystallinisch-körnig, lose zusammenhängend, verändert sich wenig beim Rösten, verwandelt sich aber beim Glühen in Berührung mit Wasserdampf unter Freiwerden von Wasserstoff in schwefelsauren Baryt, entwickelt mit wässerigen Säuren (selbst mit Salpetersäure und Königswasser) reichlich Schwefelwasserstoff, zersetzt sich langsam an feuchter Luft und zerfällt mit Wasser in Baryt und Schwefelwasserstoff-Schwefelbaryum. (Die heiß bereitete wässerige Lösung giebt nach jahrelangem Aufbewahren erst Barytkrystalle, dann schuppige Krystalle von einem Baryumoxysulphuret

[3 (BaS, 6 Aq.) + 4 (BaO, 10 Aq.)], später doppelt-sechsseitige Pyramiden von einem anderen Oxysulphuret [3 (BaS, 6 Aq.) + BaO, 10 Aq.] und endlich beim Einkochen der Mutterlauge und Erkalten wasserhaltiges Schwefelbaryum (BaS, 6 Aq.) als ein weißes, sogleich an der Luft sich gelb färbendes Pulver, welches durch Wasser in Schwefelwasserstoff-Schwefelbaryum und Baryt zerlegt wird.)

Schwefelwasserstoff-Schwefelbaryum (BaS, SH) bildet sich beim Sättigen des Barytwassers oder des mit Wasser zu einem Brei angerührten Schwefelbaryums mit Schwefelwasserstoff, krystallisirt in wasserhaltigen, farblosen, vierseitigen Säulen, die an der Luft unter Oxydation verwittern und bei der Erhitzung erst Wasser und dann Schwefelwasserstoff ausgeben.

Dreifach-Schwefelbaryum, BaS_3, entsteht neben schwefelsaurem Baryt beim Glühen von 8 Th. Baryt mit 6 Th. Schwefel; es entwickelt in feuchtem Zustand oder beim Glühen in Berührung mit Wasserdampf Schwefelwasserstoffgas.

Fünffach-Schwefelbaryum, BaS_5, wie die entsprechende Calcium- oder Strontiumverbindung darzustellen, verhält sich wie diese.

Selenbaryum, BaSe, durch Glühen des selensauren Barytes in Wasserstoffgas erhalten, ist in Wasser löslich.

Tellurbaryum ist unbekannt.

Baryum und Erzzeuger.

Phosphorbaryum.

§. 428. Bildet sich, wie das Phosphorcalcium, neben phosphorsaurem Baryt bei der Einwirkung von Phosphor auf glühenden Baryt, ist braunschwarz, metallglänzend, ziemlich hart und leichtflüssig, zerfällt durch Wasser in Phosphorwasserstoffgas und unterphosphorigsauren Baryt und wird durch Chlorgas beim gelinden Erhitzen unter Erglühen in Chlorphosphor, Chlorbaryum und phosphorsauren Baryt verwandelt.

Arsenbaryum und Antimonbaryum sind unbekannt.

Bor und Kiesel verbinden sich nicht mit Baryum, wohl aber ihre Fluoride mit Fluorbaryum. Fluorborbaryum (BaF, BF_3) wird beim Sättigen der vierfach-fluorwasserstoffsauren Borsäure mit kohlensaurem Baryt und Verdunsten bis zur Syrupsdicke in langen, rechtwinkelig vierseitigen, wasserhaltigen Säulen und Nadeln ($BaF, BF_3, 2\,Aq.$) erhalten, reagirt sauer, löst sich leicht in Wasser und wird durch Weingeist in ein lösliches saures und ein unlösliches basisches Salz und beim Erhitzen für sich in Fluorbor und Fluorbaryum zersetzt. Fluorkieselbaryum ($3\,BaF, 2\,SiF_3$) fällt beim Vermischen von Chlorbaryum mit Kieselfluorwasserstoffsäure in kleinen, harten Krystallen nieder, löst sich schwierig in reinem und saurem Wasser und zerfällt beim Glühen in Fluorsilicium und Fluorbaryum.

Baryum und Metalle.

§. 429. Das Baryum läßt sich mit Eisen, Kupfer, Silber und Quecksilber verbinden. Das Baryumamalgam, wie das Calciumamalgam darzustellen, ist fest, rauh, uneben, und läßt sich zwischen den Fingern zu einem sandig anzufühlenden Brei zerdrücken, zerfällt in Wasser zu Quecksilber und Barytwasser, an der Luft in Quecksilber und kohlensauren Baryt, und giebt mit concentrirter Salmiaklösung ein sehr voluminöses Ammoniumamalgam.

C. 8. Vom Magnesium.

Symb. und Aequiv. Mg = 12,651. Atomengew. (H = 1,0) 25,302 oder (O = 100,0) 158,140. Spec. Gewicht und Wärme?
(Vergl. Bd. 3, S. 47.)

§. 430. Das Magnesium zeigt im Aeußern viel Aehnlichkeit mit den Metallen der Alkalien und alkalischen Erden, denn es ist wie diese silberweiß und metallglänzend, jedoch ziemlich hart und dehnbar, so daß es sich feilen und hämmern läßt, unterscheidet sich aber in chemischer Beziehung hinreichend von ihnen, indem es an trockner Luft unveränderlich ist, sich mit Sauerstoff und anderen aciden Elementen nur in einem Verhältniß (zu gleichen Aequivalenten) verbindet und insbesondere dadurch, daß sein Oxyd fast gar keine alkalische und ätzende Eigenschaft besitzt, fast unauflöslich in Wasser ist und mit Kohlensäure ein unlösliches, mit Schwefelsäure ein sehr leicht lösliches Salz bildet.

Das Magnesium wurde früher gewöhnlich den Metallen der alkalischen Erden angereiht, wird aber jetzt als das Uebergangsglied von den Metallen der alkalischen Erden zu denen der eigentlichen Erden betrachtet.

Magnesium und Sauerstoff.

§. 431. Das Magnesium ist an trockner Luft unveränderlich, überzieht sich aber an feuchter Luft langsam und auch nur oberflächlich mit einer weißen Rinde; in der Rothglühhitze verbrennt es an der Luft unter lebhaftem Funkensprühen; es verwandelt sich hierbei in Magnesiumoxyd, MgO. Durch ausgekochtes Wasser wird es weder bei gewöhnlicher Temperatur noch in der Siedhitze oxydirt; verdünnte Säuren (selbst Essigsäure) lösen es unter Wasserstoffgasentwicklung, concentrirte Schwefelsäure unter Entwicklung schwefeliger Säure und Salpetersäure unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas.

Nach Bussy soll ausgekochtes Wasser in der Siedhitze etwas oxydirend auf Magnesium wirken.

Magnesiumoxyd, Magnesia (vergl. Bd. 3, S. 208 und 209.)

61,26 — 12,651 Magnesium	69,65 — 20,651 Magnesia
38,74 — 8,000 Sauerstoff	30,35 — 9,000 Wasser
100,00 — 20,651 Magnesia:	100,00 — 29,651 Magnesiahydrat.

Symb. und Aequiv. MgO = 20,651 und MgO, Aq. = 29,651.

§. 432. Die Magnesia wird durch Kalium in der Weißglühhitze und durch einen starken galvanischen Strom zersetzt. Sie erhitzt sich nur wenig mit Wasser und bildet damit ein Hydrat, das Magnesiahydrat (MgO, Aq.), welches selten in der Natur als Brucit in blättrigen, weichen, weißen, perlglänzenden, durchscheinenden Krystallen von 2,336 spec. Gewicht vorkommt, künstlich durch Fällung eines Magnesiasalzes mit überschüssigem Kali oder Natron erhalten wird und nach dem Trocknen bei 100° eine zusammenhängende, halbdurchsichtige, weiße Masse darstellt.

Ueber Darstellung, Eigenschaften u. s. w. der Magnesia vergl. a. a. O.

§. 433. Das Magnesiumoxyd äußert eine geringere Affinität zu den Säuren, als die Alkalien und alkalischen Erden. Es bildet mit jenen die Magnesiumoxyd- oder Magnesiasalze, Sales magnesici; diese sind vollkommen neutral, bei ungefärbter Säure farblos und, wenn sie in Wasser löslich sind, von bitterlichem Geschmack; beim Glühen verlieren sie, mit Ausnahme des schwefelsauren Salzes die Säure, wenn diese verdampfbar ist. Sie lösen sich zum Theil in Wasser, zum Theil nicht, dann aber (mit Ausnahme des geglühten unterphosphorsauren Salzes) in Salzsäure. Die

wässerigen Lösungen der Magnesiasalze geben mit Kali- oder Natronlauge voluminöse Niederschläge von Magnesiahydrat, im neutralen Zustand mit wenig Ammoniak keinen, mit mehr Ammoniak einen Niederschlag von Magnesiahydrat (jedoch wird selbst durch einen Ueberschuß von Ammoniak nur die Hälfte Basis abgeschieden, indem das entstehende Ammoniaksalz mit einen Theil des unzersetzten Magnesiasalzes ein Doppelsalz bildet, welches weder von Ammoniak noch durch Magnesia weiter zersetzt wird), mit anderthalb-kohlensaurem Ammoniak in einigen langsam, in anderen schneller einen Niederschlag von kohlensaurer Magnesia oder, bei Ueberschuß des Ammoniaksalzes, von kohlensaurem Magnesia-Ammoniak, mit kohlensauren fixen Alkalien in der Kälte einen geringen, in der Siedhitze aber einen bedeutenden Niederschlag von basisch-kohlensaurer Magnesia (jedoch bleibt auch in der Siedhitze um so mehr gelöst, je mehr kohlensaure, schwefelsaure oder salpetersaure Alkalien in der Flüssigkeit gelöst sind), mit anderthalb- und sauren kohlensauren Alkalien nur in der Siedhitze einen Niederschlag von basischem Magnesiasalz (bei gewöhnlicher Temperatur bleibt das gebildete kohlensaure Salz in der freigewordenen Kohlensäure gelöst), mit Borax nur in der Wärme einen Niederschlag und mit halbphosphorsaurem Natron in kürzerer oder längerer Zeit (bei Zusatz von reinem oder kohlensaurem Ammoniak fällt die Magnesia sehr vollständig als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia nieder), ferner mit wolframsaurem Natron, Oxalsäure, oxalsaurem Kali und Kaliumeisencyanür Niederschläge. Die Magnesiasalze geben mit salpetersaurer Kobaltlösung befeuchtet und vor dem Löthrohr geglüht ein blaßrothes, phosphorsaure Magnesia aber ein violettes Pulver. Die Magnesia bildet mit den Salzen verschiedener Basen Doppelsalze.

Man erhält die Magnesiasalze theils durch Eindampfen ihrer natürlich vorkommenden Lösungen (Bittersalz), theils durch Behandlung magnesiahaltiger Mineralien, z. B. des Dolomits ($MgO, CO_2 + CaO, CO_2$) mit Säuren, theils durch einfache oder doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Magnesiasalze vergl. Bd. 3, S. 1233—1241. Borsaure Magnesia ($3MgO, 4BO_3$) findet sich natürlich als Boracit in Würfeln.

Magnesium und Salzzeuger.

Chlormagnesium, chlorwasserstoffsaure Magnesia (vergl. Bd. 3, S. 315.)

26,29	—	12,651	Magnesium
73,71	—	35,463	Chlor
100,00	—	46,114	Chlormagnesium.

Symb. und Aequiv. $MgCl = 46,114$. Atom. Mg Ȼl ($MgCl_2$).

§. 434. Das Magnesium entzündet sich in Chlorgas und Magnesia absorbirt in der Glühhitze unter Abscheidung von Sauerstoff Chlorgas; es entsteht in beiden Fällen Chlormagnesium, welches beim schwachen Glühen als eine wasserhelle Flüssigkeit schmilzt, an trockner Luft dabei nicht zersetzt wird, an feuchter aber in entweichende Salzsäure und in Magnesia zerfällt, sich unter Erhitzung in Wasser löst und mit diesen ($MgCl$, 6 Aq.) bei niederer Temperatur krystallisirt.

Vergl. über Vorkommen u. s. w. des Chlormagnesiums a. a. O.

Brommagnesium, bromwasserstoffsaure Magnesia.

13,65	—	12,651	Magnesium
86,35	—	80,000	Brom
100,00	—	92,651	Brommagnesium.

Symb. und Aequiv. $MgBr = 92,651$. Atom. Mg Ƀr ($MgBr_2$).

§. 435. Das Brommagnesium findet sich im Meerwasser und einigen Salzsoolen, wird durch Leiten von Bromdampf über ein glühendes Gemenge von Magnesia und Kohle erhalten und stellt eine weiße, krystallinische, in der Rothglühhitze schmelzende, nicht flüchtige Masse dar, erhitzt sich stark mit Wasser und krystallisirt aus der concentrirten Lösung mit Wasser (MgBr, 6 Aq.). Die wasserhaltige Verbindung zerfällt beim Glühen in Bromwasserstoff und Magnesia und die wasserfreie mit concentrirter Schwefelsäure in Brom, mit verdünnter in Bromwasserstoffsäure und schwefelsaure Magnesia.

Jodmagnesium, MgI, ist nur im wasserhaltigen Zustand bekannt, schwierig krystallisirbar und an der Luft zerfließlich, und verhält sich beim Erhitzen an der Luft wie Chlormagnesium.

Fluormagnesium, MgF, entsteht bei der Behandlung der kohlensauren Magnesia mit Fluorwasserstoffsäure oder beim Vermischen von schwefelsaurer Magnesia mit Fluorkalium, ist weiß, geschmacklos, in Wasser und Säuren unlöslich und durch Glühen nicht zersetzbar.

Magnesium und Kieszeuger.

Schwefelmagnesium.

44,02	—	12,651	Magnesium
55,98	—	16,000	Schwefel
100,00	—	28,651	Schwefelmagnesium.

Symb. und Aequiv. MgS = 28,651.

§. 436. Magnesia verbindet sich nicht beim Erhitzen mit Schwefel; wird aber wasserfreie schwefelsaure Magnesia in Berührung mit Kohle der Weißglühhitze ausgesetzt, so bildet sich etwas Schwefelmagnesium, welches eine weiße, zerreibliche, zum Theil in Wasser lösliche Masse darstellt; Schwefelmagnesiumhydrat (MgS, Aq.) scheidet sich beim Verdunsten der Schwefelwasserstoff-Schwefelmagnesiumlösung im luftleeren Raum oder beim Vermischen von concentrirter Chlormagnesiumlösung mit concentrirter Schwefelwasserstoff-Schwefelkaliumlösung als eine grauliche, schleimige Masse ab.

Schwefelwasserstoff-Schwefelmagnesium (MgS, SH) bildet sich beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in mit Wasser vertheilte Magnesia oder beim Vermischen einer verdünnten Magnesiasalzlösung mit verdünnter Schwefelwasserstoff-Schwefelkaliumlösung, ist in Wasser löslich und zerfällt beim Verdunsten im luftleeren Raum in Schwefelwasserstoff und Schwefelmagnesiumhydrat, beim Verdunsten an der Luft in Schwefelwasserstoff und Magnesia.

Selenmagnesium, MgSe, scheint sich als Hydrat zu bilden, wenn eine Lösung von Selenkalium mit schwefelsaurer Magnesia vermischt wird, wobei sich ein fleischrother Niederschlag bildet, der sowohl beim Glühen als auch in Berührung mit Säuren Selen abscheidet; Selenwasserstoff-Selenmagnesium (MgSe, SeH) entsteht beim Leiten von Selenwasserstoffgas in mit Wasser vertheilte Magnesia.

Tellurmagnesium ist unbekannt.

Die Erzzeuger (Phosphor, Arsen und Antimon) und die Glaszeuger (Bor und Kiesel) verbinden sich nicht mit dem Magnesium, wohl aber die Fluoride der letzteren mit Fluormagnesium. Fluorbormagnesium (MgF, BF_3) krystallisirt in großen, bitter schmeckenden, leicht in Wasser löslichen Säulen. Fluorkieselmagnesium ($3 MgF, 2 SiF_3$) stellt eine durchsichtige, gelbliche, gummiähnliche, leicht in Wasser lösliche Masse dar.

Magnesium und Metalle.

§. 437. Von den Verbindungen des Magnesiums mit Metallen kennt man bis jetzt nur das Magnesiumamalgam, welches sich beim Erhitzen des Magnesiums mit Quecksilber oder bei der Zersetzung der Magnesia oder des Chlormagnesiums durch den galvanischen Strom bei Gegenwart von Quecksilber oder durch Zersetzung des Kaliumamalgams mit einer concentrirten Magnesiasalzlösung bildet, fest ist und sich langsam in reinem, schnell in angesäuertem Wasser oxydirt.

c) Von den Erd-Metallen.

α) Von den Metallen der eigentlichen Erden.

§. 438. Die Metalle dieser Gruppe (das Yttrium, Erbium, Terbium und Thorium) zeichnen sich dadurch aus, daß sie sich nur in pulveriger, die Elektricität nicht leitender Form darstellen lassen, das Wasser wenigstens bei 100° oder unter Mitwirkung von Säuren zersetzen, an der Luft erhitzt bei nicht sehr hoher Temperatur verbrennen und nur ein aus gleichen Aequivalenten Metall und Sauerstoff bestehendes Oxyd bilden, das weiß ist, als Hydrat, obgleich in Wasser unlöslich, alkalisch reagirt, stark basisch ist, basische Salze bildet und sich auch mit Kohlensäure verbinden kann.

Von einigen Chemikern werden auch das Lanthan, Didym und Cerium zu der Gruppe der Metalle der Erden gerechnet, obgleich sie zum Theil farbige und mehrere basische Oxyde bilden.

9. Vom Yttrium.

Symb. und Aequiv. Y = 32,254. Atomengew. (H = 1,0) 65,508 oder (O = 100,0) 402,514. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 439. Das Yttrium stellt ein schwarzgraues, schimmerndes, aus kleinen, metallglänzenden, eisenschwarzen Schuppen bestehendes Pulver dar, welches unter dem Polirstahl Farbe und Glanz des Eisens erhält und spröde zu sein scheint (enthält wahrscheinlich Erbium und Terbium beigemischt).

Das Oxyd des Yttriums wurde 1794 von Gadolin entdeckt und das Metall zuerst von Wöhler aus dem Chloryttrium durch Erhitzung mit Kalium und Behandlung des erkalteten Rückstandes mit kaltem Wasser dargestellt. Das Yttrium findet sich nur sehr selten und zwar oxydirt mit Kohlensäure, Phosphorsäure, Titansäure (Polymignit), Tantalsäure (Yttrotantalit, Eurenit und Fergusonit) und Kieselsäure verbunden, auch mit anderen Silicaten im Gadolinit, Orthit, Pyrorthit, Pyrochlor und Cerit, mit Fluor verbunden im Yttrocerit, Fluorcerium und Warwickit.

Yttrium und Sauerstoff.

§. 440. Das Yttrium wird an der Luft und im Wasser bei gewöhnlicher Temperatur nicht verändert; beim Erhitzen verbrennt es an der Luft mit blendendem Feuer, in Sauerstoffgas mit der glänzendsten Feuererscheinung zu Yttriumoxyd, YO; in säurehaltigem Wasser, schwieriger in wässerigem Kali, wird es unter Wasserstoffgasentwicklung oxydirt, nicht aber in wässerigem Ammoniak.

Yttriumoxyd, Yttererde.

80,1	—	32,254	Yttrium
19,9	—	8,000	Sauerstoff
100,0	—	40,254	Yttriumoxyd.

Symb. und Aequiv. YO = 40,254.

§. 441. Die Yttererde stellt ein weißes Pulver von 4,842 spec. Gewicht dar, ist nur bei dem heftigsten Feuer etwas schmelzbar, ohne Geruch, Geschmack und Wirkung auf Pflanzenfarben, wird nicht durch Glühen mit Kohle, wenig durch Kalium zersetzt und bildet mit Wasser ein Hydrat, welches trocken 31% ($YO, 2Aq.$) Wasser enthält und milchweiß, frisch gefällt sehr voluminös und weiß ist und an der Luft Kohlensäure anzieht.

Man erhält die Yttererde aus dem Gadolinit durch Lösen desselben in Königswasser, Abscheiden des Ceroxydes durch schwefelsaures Kali und des Eisenoxydes durch bernsteinsaures Ammoniak, Fällung des Filtrates mit Ammoniak, Digestion des Niederschlages mit kohlensaurem Ammoniak und Glühen des gebildeten kohlensauren Salzes; oder die vom Ceroxyd und Eisenoxyd befreite Lösung wird mit Aetzkali im Ueberschuß gefällt, der geglühte Niederschlag durch Lösen in Salpetersäure vom Manganoxyd befreit, die Lösung mit Salmiak vermischt und mit kohlensaurem Natron gefällt und der Niederschlag auf gleiche Weise noch einige Male behandelt und zuletzt geglüht. Wird die so erhaltene Yttererde in Salpetersäure gelöst und die Lösung einer fractionirten Fällung mit Ammoniak unterworfen, so erhält man anfangs einen aus Erbinerde bestehenden, beim Trocknen röthlich und beim Glühen tiefgelb werdenden, dann einen aus Terbinerde bestehenden, beim Trocknen röthlich, beim Glühen weiß werdenden und endlich einen aus Yttererde bestehenden, beim Trocknen und Glühen weiß bleibenden Niederschlag.

§. 442. Das Yttriumoxyd bildet mit den Säuren die Yttriumoxyd- oder Yttererdesalze, Sales yttrici, zeigt aber weniger Affinität zu den Säuren, als die Oxyde der früher beschriebenen Metalle, zersetzt jedoch als Hydrat in der Siedhitze die Ammoniaksalze und löst sich auf. Die Yttererdesalze sind farblos, meist von einem größeren specifischen Gewicht als die Barytsalze, gewöhnlich krystallisirbar und von herb-süßlichem Geschmack, röthen Lakmus und verlieren beim Glühen ihre Säure, wenn diese flüchtig ist. Die wässerigen Lösungen geben mit ätzenden Alkalien weiße, voluminöse, theils aus Hydrat, theils aus basischen Salzen bestehende, im Ueberschuß unlösliche, mit kohlensauren Alkalien aus kohlensaurer Yttererde bestehende und wenig in einfach-kohlensaurem Alkali, leicht in anderthalb-kohlensaurem Ammoniak und doppelt-kohlensaurem Kali lösliche, mit phosphorsaurem Natron weiße, in Wasser und Salzsäure lösliche und beim Kochen wieder erscheinende, mit arsensaurem Natron und Oxalsäure weiße, mit Kaliumeisencyanür weiße, aus Yttriumeisencyanür bestehende und mit Galläpfeltinktur graue, flockige Niederschläge, und lassen auf Zusatz von schwefelsaurem oder oxalsaurem Kali Doppelsalze fallen.

Die Yttererdesalze werden durch Zusammenbringen von reiner oder kohlensaurer Yttererde mit Säure, einige auch durch doppelte Affinität erhalten. Die wichtigsten Yttererdesalze sind: Salpetersaure Yttererde (YO, NO_5) bildet große farblose Krystalle, bei 50° abgedampft und rasch abgekühlt farblose Blätter. Kohlensaure Yttererde ($YO, CO_2, 3Aq.$) findet sich natürlich und kann künstlich in kleinen, weißen, glänzenden Krystallen erhalten werden, verliert bei 100° 1/3 Wasser, in der Hitze das Uebrige nebst dem größten Theil der Kohlensäure, löst sich nicht in reinem, wenig in kohlensaurem Wasser und allmälig in Salmiaklösung unter Bildung von kohlensaurem Ammoniak, auch in kohlensauren Alkalien zu Doppelsalzen. Schwefelsaure Yttererde (YO, SO_3) stellt wasserhaltige, kleine Krystalldrusen dar, löst sich

nur allmälig, aber vollständig in Wasser, entläßt bei 80° das Wasser und beim Glühen ⅔ Schwefelsäure, und bildet mit schwefelsaurem Kali ein ziemlich schwerlösliches Doppelsalz. **Phosphorsaure Yttererde** findet sich als drittel-saures Salz ($2YO, 3PO_5$) natürlich vor und schlägt sich aus phosphorsäurehaltigen Yttererdesalzen durch Ammoniak nieder; das halbsaure Salz ($2YO, PO_5$) wird durch Fällung eines Yttererdesalzes mit halbphosphorsaurem Natron erhalten, ist weiß, vor dem Löthrohr nicht schmelzbar und in Säure löslich. **Kieselsaure Yttererde** findet sich mit anderen Silicaten im **Gadolinit**.

Yttrium und Salzzeuger.

Chloryttrium, chlorwasserstoffsaure Yttererde.

47,63	—	32,254	Yttrium
52,37	—	35,463	Chlor
100,00	—	67,717	Chloryttrium

Symb. und Aequiv. YCl = 67,717. Atom. YЄl (YCl_2).

§. 443. Das Chloryttrium wird durch Leiten von Chlorgas über ein trockenes Gemenge von Yttererde und Kohle erhalten, stellt eine weiße, nicht flüchtige Krystallmasse dar, löst sich unter starker Erhitzung in Wasser und krystallisirt aus dieser Lösung (oder der von Yttererde in Salzsäure) in wasserhaltigen, kleinen, wasserhellen, sehr löslichen Tafeln, die in der Hitze Salzsäure entwickeln und Yttererde hinterlassen; die wasserfreie Verbindung wird durch Kalium zersetzt und verbindet sich mit Chlorkalium.

Bromyttrium, YBr, wird wasserhaltig aus der bis zur Syrupsconsistenz verdunsteten Lösung der Yttererde in wässerigem Bromwasserstoff in kleinen zerfließlichen Würfeln erhalten.

Jodyttrium, YI, wie die Bromverbindung zu erhalten, löst sich etwas in Weingeist und giebt beim Glühen an der Luft eine basische Verbindung.

Fluoryttrium, YF, findet sich unrein im **Yttrocerit** und **Fluorcerium** und wird durch Zersetzung des Chloryttriums mit Fluornatrium als ein weißes, herb schmeckendes, sauer reagirendes, in Wasser und Säuren unlösliches Pulver erhalten, welches beim Glühen Wasser verliert und dann ohne Geschmack und saure Reaktion ist; verbindet sich mit Fluorkalium.

Yttrium und Kieszeuger.

Schwefelyttrium.

§. 444. Das Yttrium verbindet sich mit Schwefel beim Erhitzen unter Entzündung zu einer grauen, pulverigen Masse, die in Wasser unlöslich ist und nicht davon verändert wird, bei Berührung mit wässerigen Säuren aber rasch Schwefelwasserstoff entwickelt.

Selenyttrium bildet sich unter schwacher Feuerentwicklung beim Erhitzen der Yttererde mit Selen als eine schwarze, wie die Schwefelverbindung sich verhaltende Masse; Selenammonium giebt mit Yttererdesalzen einen fleischrothen Niederschlag.

Telluryttrium ist unbekannt.

Yttrium und Erzzeuger.

Phosphoryttrium.

§. 445. Das erhitzte Yttrium entzündet sich in Phosphordampf und bildet ein schwarzgraues Pulver, welches in Berührung mit Wasser leichtentzündliches Phosphorwasserstoffgas entwickelt.

Arsenyttrium und **Antimonyttrium** sind unbekannt.

Bor und Kiesel verbinden sich nicht mit Yttrium, aber ihre Fluoride mit Fluoryttrium. Fluorboryttrium (YF, BF_3) löst sich nur bei Säureüberschuß und krystallisirt dann beim Verdampfen. Fluorkieselyttrium (3YF, 2SiF_3), löst sich nicht in reinem, aber in salzsaurem Wasser und scheidet sich beim Verdunsten wieder ab.

Verbindungen des Yttriums mit Metallen sind unbekannt.

10. Vom Terbium.

Symb. Tb. Aequiv. und Atomengewicht? Spec. Gewicht und spec. Wärme?

§. 446. Man kennt das Terbium bis jetzt nur in seiner Verbindung mit Sauerstoff, als Terbinerde, TbO, welche als Hydrat röthlich, wasserfrei, aber weiß ist und mit Säuren die Terbinerdesalze, Sales terbici, bildet, welche einen Stich in's Amethystrothe haben. (Schwefelsaure Terbinerde verliert schon bei 50° das Krystallwasser und wird mit Beibehaltung seiner Form milchweiß. Salpetersaure Terbinerde zerfließt nicht an der Luft.)

Die Terbinerde wurde 1843 von Mosander in der Yttererde entdeckt (über Darstellung vergl. §. 441).

11. Vom Erbium.

Symb. E. Aequiv. und Atomengewicht? Spec. Gewicht und Wärme?

§. 447. Das Erbium ist ebenfalls nur als Oxyd, Erbinerde, EO, bekannt, als solches dunkelgelb und als Hydrat röthlich; die schwefelsaure Erbinerde ist farblos, von süßem Geschmack und verwittert nicht bei 80°.

Die Erbinerde wurde ebenfalls von Mosander in der Yttererde aufgefunden (über Darstellung vergl. §. 441).

12. Vom Thorium.

Symb. und Aequiv. Th = 59,646. Atomengew. (H = 1,0) 119,292 oder (O = 100,0) 744,910. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 448. Das Thorium stellt ein dunkel bleigraues, schweres Pulver dar, welches unter dem Achat eine eisengraue Farbe und Metallglanz annimmt.

Das Oxyd des Thoriums wurde 1828 von Berzelius entdeckt und das Metall selbst durch Zersetzung des Chlorthoriums oder des Fluorthorium-Fluorkaliums mit Kalium dargestellt. Es findet sich als Oxyd im Thorit, im Monazit und Pyrochlor.

Thorium und Sauerstoff.

§. 449. Das Thorium wird an der Luft und in Wasser nicht verändert; beim Erhitzen an der Luft verbrennt es mit sehr starkem Lichtglanz zu Thoriumoxyd, ThO; durch kochendes Wasser wird es nicht oxydirt, durch Salpetersäure aber, jedoch nur langsam, in der Siedhitze von wässeriger Salzsäure und Schwefelsäure gelöst und von wässerigen Alkalien nicht angegriffen.

Thoriumoxyd, Thorerde.

88,17	—	59,646 Thorium	88,26	—	67,646 Thorerde	
11,83	—	8,000 Sauerstoff	11,74	—	9,000 Wasser	
100,00	—	67,646 Thoriumoxyd:	100,00	—	76,646 Wasser.	

Symb. und Aequiv. ThO = 67,646 und ThO, Aq. = 76,646.

§. 450. Die Thorerde ist weiß, pulverig, von 9,402 spec. Gewicht, wird durch Glühen hart und schwierig pulverisirbar, ist unschmelzbar und wird

aus schwefelsaurer Thorerdelösung durch Alkalien als ein gallertartiges Hydrat abgeschieden, das an der Luft getrocknet zu harten, glasigen Klumpen zusammenbackt, leicht Kohlensäure anzieht und beim gelinden Glühen das Wasser verliert.

Man erhält die Thorerde durch Lösen des Thorits in Salzsäure, Verdampfen der Lösung, Behandlung des Rückstandes mit salzsäurehaltigem Wasser und des Filtrates mit Schwefelwasserstoff, Fällung des Filtrates mit Ammoniak, Auflösen des Niederschlages in verdünnter Schwefelsäure, Verdampfen der Lösung, Waschen des bei der Concentration sich abscheidenden schwefelsauren Salzes mit heißem Wasser, Auspressen und starkes Glühen.

§. 451. Die Thorerde löst sich schon nach dem Trocknen schwierig in Säure, die geglühte nicht in Salpetersäure oder Salzsäure, aber in erhitzter Schwefelsäure. Die Thorerdesalze, Sales thorici, sind farblos, schmecken im löslichen Zustand rein zusammenziehend und verlieren beim Glühen leicht die Säure. Die wässerigen Lösungen derselben werden beim Kochen zum Theil zersetzt und lassen durch Alkalien Thorerdehydrat, durch kohlensaure Alkalien kohlensaure Thorerde (im Ueberschuß bei gewöhnlicher Temperatur löslich), durch phosphorsaures Natron phosphorsaure Thorerde und durch schwefelsaures Kali ein Doppelsalz fallen und werden durch arsensaure, molybdänsaure und wolframsaure Alkalien, Kaliumeisencyanür, Oxalsäure und oxalsaure Alkalien weiß gefällt.

Man erhält die Thorerdesalze durch Lösen des Hydrates in Säure oder durch doppelte Affinität. Salpetersaure Thorerde ist schwierig krystallisirbar, in Wasser und Weingeist löslich, und bildet mit salpetersaurem Kali ein Doppelsalz. Kohlensaure Thorerde löst sich nicht in wässeriger Kohlensäure und bildet mit kohlensauren Alkalien Doppelsalze. Schwefelsaure Thorerde (ThO,SO_3) durch Lösen von geglühter Thorerde in wenig verdünnter Schwefelsäure und gelindes Erhitzen erhalten, ist erdartig, erhitzt sich mit wenig Wasser, löst sich in kaltem, wenig in heißem Wasser und krystallisirt beim Verdampfen in der Hitze mit 2, beim freiwilligen Verdunsten mit 5 Aequiv. Wasser; die erstere Verbindung ist wollig, die letztere bildet wasserhelle Rhomboëder, die an warmer Luft unter Verlust von $^3/_5$ Wasser milchweiß werden; bildet auch mit schwefelsaurem Kali ein nur in reinem Wasser lösliches Doppelsalz. Kieselsaure Thorerde ist der Thorit.

Thorium und Salzzeuger.

Chlorthorium, chlorwasserstoffsaure Thorerde.

62,71	—	59,646	Thorium
37,29	—	35,463	Chlor
100,00	—	95,109	Chlorthorium.

Symb. und Aequiv. $ThCl = 95{,}109$. Atom. Th€l ($ThCl_2$).

§. 452. Das Chlorthorium bildet sich beim Leiten von trocknem Chlorgas über ein inniges Gemenge von Thorerde und Kohle, ist weiß, krystallinisch und halbgeschmolzen, nach der Sublimation farblose, glänzende Krystalle darstellend, löst sich unter starker Erhitzung in Wasser, auch in Weingeist, wird durch Kalium zersetzt und bildet mit Chlorkalium ein Doppelsalz. Die Lösung der Thorerde in Salzsäure gesteht beim Verdunsten und Erkalten zu einer strahligen Masse, die bei stärkerer Erhitzung reine Thorerde hinterläßt.

Bromthorium, ThBr, durch Verdunsten der Lösung der Thorerde in

Bromwasserstoff erhalten, bildet eine gummiähnliche Masse; bildet mit Bromkalium ein Doppelsalz.

Jodthorium ist unbekannt.

Fluorthorium, ThF, durch Behandlung des Thorerdehydrates mit Fluorwasserstoffsäure entstehend, ist weiß, unauflöslich und durch Glühen nicht zersetzbar; bildet mit Fluorkalium ein unlösliches Doppelsalz.

Thorium und Kieszeuger.

Schwefelthorium.

§. 453. Das Thorium verbindet sich mit bis zum Verdampfen erhitztem Schwefel unter sehr lebhafter Feuererscheinung und verwandelt sich in ein gelbes Pulver, welches beim Zusammendrücken glänzend wird, beim Erhitzen an der Luft Thorerde hinterläßt, sich nicht in kaltem Königswasser verändert, von heißem aber in schwefelsaure Thorerde verwandelt wird, und sich nur wenig in Salpetersäure oder Schwefelsäure löst.

Selenthorium und Tellurthorium sind unbekannt.

Thorium und Erzzeuger.

Phosphorthorium.

§. 454. Das Thorium verbindet sich beim Erhitzen mit Phosphordampf unter Feuerentwicklung zu einer dunkelgrauen, metallglänzenden, graphitähnlichen Masse, die von Wasser nicht angegriffen wird und beim Erhitzen an der Luft zu phosphorsaurer Thorerde verbrennt.

Arsenthorium und Antimonthorium sind unbekannt. — Verbindungen des Bors und Kiesels mit Thorium, so wie der Fluoride derselben sind, wie die Metalllegirungen des Thoriums, ebenfalls unbekannt.

β) Von den Metallen der eisenoxydähnlichen Erden.

§. 455. Die Metalle dieser Gruppe (das Alumium, Beryllium und Zirconium) schließen sich in ihrem Aeußeren und dem Verhalten gegen Sauerstoff in der Hitze, gegen Wasser und wässerige Säuren und in Beziehung auf die Farbe der Oxyde und Salze den Metallen der eigentlichen Erden an, unterscheiden sich aber von diesen dadurch, daß sie sich mit Sauerstoff (so wie mit anderen aciden Stoffen) in dem Verhältniß von 2 : 3 verbinden, und daß sie auch durch alkalische Laugen oxydirt werden.

13. Vom Alumium.

Symb. und Aequiv. Al = 13,716. Atomengew. (H = 1,0) 27,432 oder (O = 100,0) 171,167. Spec. Gewicht = 2,6. Spec. Wärme?

(Vergl. Bd. 3, S. 47 und 48.)

Alumium und Sauerstoff.

§. 456. Das Alumium verändert sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht an der Luft oder in Wasser; beim Erhitzen bis zum Glühen verbrennt es an der Luft mit lebhaftem Feuer, in Sauerstoffgas mit fast unerträglichem Lichtglanz und ungemeiner Wärmeentwicklung zu Alumiumoxyd, Al_2, O_3; das Alumium löst sich nicht in kalter concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure, in letzterer beim Erhitzen unter Entwicklung schwefeliger Säure; von verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure, Kalilauge und Ammoniakflüssigkeit wird es leicht unter Entwicklung von Wasserstoffgas gelöst; kochendes Wasser wird nur sehr langsam davon zersetzt.

Alumiumoxyd, Alaunerde (vergl. Bd. 3, S. 209 und 210).

55,33 — 27,432 Alumium
46,67 — 24,000 Sauerstoff.
100,00 — 51,432 Alumiumoxyd.

Symb. und Aequiv. Al_2O_3 = 51,432. Atom. AlO_3 (Al_2O_3).

§. 457. Die Alaunerde findet sich rein als Corund von 3,944 bis 4,009 spec. Gewicht, gefärbt im Rubin von 3,531 spec. Gewicht und im Saphir von 3,562 spec. Gewicht, deren Grundform ein spitziges Rhomboëder ist; die künstlich dargestellte, einer starken Hitze ausgesetzte, zusammengebackene oder geschmolzene Alaunerde ist von 4,152 spec. Gewicht; sie ist nächst dem Diamant der härteste Körper. Mit Wasser bildet sie mehrere Verbindungen; das erste Hydrat (Al_2O_3, Aq.) findet sich natürlich als Diaspor als eine durchscheinende, krystallinisch-körnige Masse von 3,43 spec. Gewicht und entläßt bei 360° das Wasser vollständig; das zweite Hydrat (Al_2O_3, 2 Aq.) findet sich auch natürlich und wird aus der salpetersauren Alaunerde durch kohlensaures Natron gefällt; das dritte Hydrat (Al_2O_3, 3 Aq.) findet sich natürlich als Gibbsit in stalaktitischen, durchscheinenden Formen von faserigem Gefüge und wird amorph bei der Fällung der salpetersauren oder salzsauren Alaunerdelösung mit überschüssigem Ammoniak, in krystallinischer schwerlöslicher Form aus der Lösung der Alaunerde in Kalilauge nach längerem Aufbewahren erhalten. Frisch gefällt ist das Hydrat gallertartig, nach dem Trocknen fest und durchscheinend, und leicht in Säuren löslich, das krystallinische nur wenig in kalten, mehr in heißen Säuren löslich. Ueber Darstellung u. s. w. der Alaunerde vergl. a. a. O.

§. 458. Die Alaunerde hat im Ganzen wenig Affinität zu den Säuren und löst sich in denselben nur leicht im frisch gefällten Zustand, aber um so schwieriger, je mehr sie erhitzt worden ist (Corund, Saphir und Rubin lösen sich gar nicht in Säuren, aber leicht nach dem Glühen mit überschüssigem Alkali). Die Alumiumoxyd- oder Alaunerdesalze, Sales alumici, sind farblos oder weiß bei ungefärbter Säure, meist in Wasser löslich und häufig krystallisirbar, und enthalten im normalen Zustand auf 1 Aequiv. Basis (Al_2O_3) 3 Aequiv. Säure; in der Glühhitze entlassen solche, deren Säure nicht feuerbeständig ist, diese unter Verflüchtigung oder Zersetzung; mit salpetersaurem Kobaltoxyd befeuchtet und geglüht geben sie einen blauen Rückstand. Aus den Lösungen der Alaunerdesalze schlagen die Alkalien und alkalischen Erden Alaunerdehydrat in weißen, gallertartigen, leicht in überschüssigem Alkali, wenig in Ammoniak löslichen und durch Salmiak wieder erscheinenden Flocken, einfach- und doppelt-kohlensaure Alkalien, kohlensaurer Kalk und Schwefelalkalimetalle unter Freiwerden von Kohlensäure oder Schwefelwasserstoff ebenfalls Hydrat nieder, das sich nur wenig in kohlensauren Alkalien löst; ferner verursacht phosphorsaures Natron eine Fällung von weißen, durchscheinenden, in Säuren und Alkalien löslichen Flocken, Kaliumeisencyanür einen weißen, unter Freiwerden von Blausäure bald grün und blau werdenden Niederschlag von Eisencyanür und Alaunerdehydrat, bernsteinsaure Alkalien bei nicht zu großer Verdünnung einen weißen, und Galläpfeltinktur einen gelblichen flockigen Niederschlag; concentrirte Lösungen der Alaunerdesalze geben mit Schwefelsäure und Kali oder Ammoniak gemischt bald charakteristische Alaunkrystalle; beim Erhitzen mit schwefelsaurem und ameisensaurem oder essigsaurem Kali trüben sich die Lösungen der Alaunerdesalze durch Bildung eines basischen Doppelsalzes, das selbst noch dann entsteht, wenn freie Essigsäure vorhanden ist. Auch in den natürlich vorkommenden Salzen der Alaunerde findet sich dieselbe in

einer löslichen oder unlöslichen Modification; so ist der Analcim [(3 NaO, 2 SiO_3) + 3 (Al_2O_3, 2 SiO_3) + 6 Aq.] sehr leicht, der ihm aber analog zusammengesetzte Leucit [(3 KO, 2 SiO_3) + 3 (Al_2O_3, 2 SiO_3)] unlöslich in Säuren.

Man erhält die Alaunerdesalze durch Lösen des Hydrates oder einiger natürlich vorkommenden Verbindungen in Säuren, mitunter auch durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Salze vergl. Bd. 3, S. 1241 bis 1246. Schwefelsaure Alaunerde findet sich auch natürlich als Federalaun, Haarsalz oder Davyt vor. Phosphorsaure Alaunerde kommt mit Wasser natürlich als Wawellit (4 Al_2O_3, 3 PO_5, 36 Aq.) in feinen Nadeln, mit Alaunerdehydrat als Kalait oder Türkis [(4 Al_2O_3, 3 PO_5) + 2 (Al_2O_3, 3 Aq.) und mit Fluoraluminium als Kakoxen 3 (4 Al_2O_3, 3 PO_5, 18 Aq.) + Al_2F_3] vor. Kieselsaure Alaunerde findet sich rein als Agalmatholit (Al_2O_3, 3 SiO_3), Talksteinmark (3 Al_2O_3, 2 SiO_3), Bucholzit (Al_2O_3, SiO_3), Cyanit (2 Al_2O_3, SiO_3), Andalusit oder Chiastolith (4 Al_2O_3, 3 SiO_3) und (3 Al_2O_3, 2 SiO_3), Disthen (3 Al_2O_3, 2 SiO_3), mit Wasser als Cimolit (Al_2O_3, 3 SiO_3, 3 Aq.), Razoumoffskit (Al_2O_3, 2 SiO_3, 3 Aq.), Bol oder Erinit (Al_2O_3, 2 SiO_3, 6 Aq.), Pholerit (Al_2O_3, SiO_3, 2 Aq.), Kollyrit (3 Al_2O_3, SiO_3, 15 Aq. und 4 Al_2O_3, 3 SiO_3, 9 Aq.), Kaolin (3 Al_2O_3, 4 SiO_3, 6 Aq. und 2 Al_2O_3, 3 SiO_3, 6 Aq.), mit Alaunerdehydrat als Wörthit [5 (Al_2O_3, SiO_3) + (Al_2O_3, 3 Aq.)], mit anderen Silicaten als Feldspath (KO, SiO_3 + Al_2O_3, 3 SiO_3), Albit (NaO, KO, SiO_3 + Al_2O_3, 3 SiO_3), Natronspodumen (NaO, SiO_3 + Al_2O_3, 2 SiO_3), Spodumen (2 [NaO oder LO, SiO_3] + 3 [Al_2O_3, 2 SiO_3]), Labrador oder Glaukolith (NaO (CaO), SiO_3 + Al_2O_3, SiO_3), Ryakolith (NaO (KO), SiO_3 + Al_2O_3, SiO_3), Leucit ([3 KO, 2 SiO_3] + 3 [Al_2O_3, 2 SiO_3]), Nephelin (2 [KO (NaO), 2 SiO_3] + 2 [Al_2O_3, SiO_3]), Petalit (3 NaO (LO), 4 SiO_3 + 4 (Al_2O_3, 4 SiO_3), Natrolith (NaO, SiO_3 + Al_2O_3, SiO_3 + 2 Aq.), Analcim [(3 NaO, 2 SiO_3] + 3 [Al_2O_3, 2 SiO_3] + 6 Aq.), als Comptonit ([3 NaO, SiO_3 + 3 (Al_2O_3, SiO_3) + 3 Aq.] + 3 [3 CaO, SiO_3 + 3 (Al_2O_3, SiO_3) + 9 Aq.]), Diploit (3 CaO (KO), SiO_3 + 4 [Al_2O_3, SiO_3]), mit kohlensaurem Kalk im Cancrinit ([2 NaO, SiO_3 + 3 (Al_2O_3, SiO_3)] + CaO, CO_2), mit Chlornatrium im Sodalith (3 NaO, SiO_3 + 3 [Al_2O_3, SiO_3] + NaCl u. s. w.

§. 459. Die Alaunerde verbindet sich auch sowohl auf nassem wie auf trocknem Wege mit den Alkalien und vielen Erden und spielt hierbei die Rolle einer schwachen Säure, so daß die Verbindungen als alaunsaure Salze, Aluminates, betrachtet werden können. Die Verbindungen mit den Alkalien sind in Wasser löslich und geben im gelösten Zustand mit Ammoniaksalzen vermischt Alaunerdehydrat, mit den wässerigen Lösungen der erdigen Alkalien aber Alaunerde-Kalk, Strontian oder Baryt als Niederschlag.

Ueber Alaunerde-Kali vergl. Bd. 3, S. 1161; natürlich vorkommende Aluminate sind der Spinell (MgO, Al_2O_3), das Bleigummi (PbO, 2 Al_2O_3, 6 Aq.), der Pleonast (MgO, Al_2O_3 + FeO, Al_2O_3), der Gahnit (ZnO, Al_2O_3 + MgO, Al_2O_3 + FeO, Al_2O_3), der Saphirin [Al_2O_3, SiO_3 + 3 (MgO, Al_2O_3)], der Chloritspath (3 [FeO, 2 Al_2O_3] + 3 FeO, 4 SiO), der Chamoisit (6 FeO, Al_2O_3 + 2 [3 FeO, SiO_3] + 12 Aq.) und der Chrysoberyll (Be_2O_3, 6 Al_2O_3 + Be_2O_3, 3 Al_2O_3). Diese natürlichen Aluminate enthalten die Alaunerde in der in Säuren unlöslichen Modifikation, werden jedoch leicht durch saures schwefelsaures Kali zersetzt.

Alumium und Salzzeuger.

Chloralumium, chlorwasserstoffsaure Alaunerde.

20,5	— 27,432	Alumium
79,5	— 106,389	Chlor
100,0	— 133,821	Chloralumium.

Symb. und Aequiv. $Al_2Cl_3 = 133,821$. Atom. $Al€l_3$ (Al_2Cl_6).

§. 460. Das Alumium verbrennt in einem Strome Chlorgas bis zum Glühen erhitzt zu Chloralumium; dieses bildet sich auch beim Leiten von trocknem Chlorgas über ein glühendes Gemenge von Alaunerde und Kohle und stellt eine blaß grünlich-gelbe, krystallinisch-blättrige, halbdurchscheinende, wachsglänzende Masse dar, welche leicht schmilzt und verdampft, bei 180 bis 185° siedet, an der Luft raucht und zerfließt, sich unter Erhitzung und Zischen in Wasser, auch in Weingeist löst, durch Kalium noch weit unter der Glühhitze unter heftiger Reaktion zersetzt wird und beim Erhitzen mit wasserfreier Schwefelsäure unter Entwicklung von Chlor und schwefeliger Säure schwefelsaure Alaunerde hinterläßt. Die wässerige Lösung, die auch durch Lösen von Alaunerdehydrat in Salzsäure erhalten wird, giebt bei dem freiwilligen Verdunsten wasserhaltiges Chloralumium (Al_2Cl_3, 12 Aq.) in regelmäßigen, sechsseitigen Säulen, die im luftleeren Raum neben Schwefelsäure verwittern, an der Luft zerfließen und beim Erhitzen, ohne zu schmelzen, in Salzsäure und Alaunerde zerfallen. Das Chloralumium verbindet sich mit Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff, sowie auch mit basischen Chlormetallen.

Bromalumium, Al_2Br_3, wird auf gleiche Weise wie das Chloralumium erhalten, löst sich leicht in Wasser und Weingeist, und giebt beim Verdunsten der wässerigen Lösung wasserhaltige, styptisch schmeckende Nadeln.

Jodalumium ist unbekannt; das Alumium verändert sich nicht beim Glühen in Joddampf.

Fluoralumium, fluorwasserstoffsaure Alaunerde.

32,68	— 27,432	Alumium
67,32	— 56,502	Fluor
100,00	— 83,934	Fluoralumium.

Symb. und Aequiv. $Al_2F_3 = 83,934$. Atom. AlF_3 (Al_2F_6).

§. 461. Das Fluoralumium ist künstlich nur im wasserhaltigen Zustand bekannt, wie es durch Lösen von Alaunerdehydrat in Fluorwasserstoffsäure und beim Verdunsten als eine geborstene, gummiähnliche, durchsichtige, sich leicht vom Gefäße ablösende Masse erhalten wird; es löst sich langsam in Wasser zu einer das Glas angreifenden Flüssigkeit, zerfällt beim Erhitzen in Fluorwasserstoffsäure und eine Verbindung von Fluoralumium und Alaunerde, und bildet mit Zink-, Nickel- und Kupferfluorid und anderen Fluormetallen Doppelsalze.

Das Fluoralumium findet sich natürlich verbunden mit kieselsaurer Alaunerde im Topas (Al_2O_3, $2Al_2F_3 + 6[Al_2O_3, SiO_3]$), mit Fluornatrium im Kryolith ($3NaF, Al_2F_3$); ferner im Pyknit (Al_2F_3, $3[Al_2O_3, SiO_3]$).

Alumium und Kieszeuger.

Schwefelalumium.

§. 462. Schwefel verbindet sich mit glühendem Alumium unter lebhaftem Erglühen zu einer schwarzen, halb-metallglänzenden, zusammengesinterten Masse, die stechend und nach Schwefelwasserstoff schmeckt und

allmählig an der Luft, rasch in Wasser unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas zersetzt wird.

Selenalumium bildet sich ebenfalls unter Feuerentwicklung und verhält sich wie das Schwefelalumium.

Telluralumium ist unbekannt.

Alumium und Erzzeuger.

Phosphoralumium.

§. 463. Bis zum Glühen erhitztes Alumium entzündet sich in Phosphordampf und verwandelt sich in ein schwarzgraues, unter dem Polirstahl einen dunkelgrauen Metallglanz annehmendes Pulver, das nach Phosphorwasserstoff riecht und in Berührung mit Wasser schwerentzündliches Phosphorwasserstoffgas entwickelt.

Arsenalumium und Antimonalumium sind unbekannt.

Bor und Kiesel verbinden sich nicht mit Alumium, wohl aber Borfluorid mit Fluoralumium, eine wasserhaltige, krystallisirbare, nur in saurem Wasser lösliche Salzmasse bildend.

Alumium und Metalle.

§. 464. Von den Legirungen des Alumiums kennt man nur das Eisenalumium, welches sich bei der Einwirkung des negativen Eisendrahtes eines starken galvanischen Stromes auf feuchte Alaunerde bildet, weißer als Eisen ist, sich in Wasser unter Aufbrausen mit einem weißen Pulver bedeckt und in Salzsäure zu wasserhaltigem Eisenchlorür und Chloralumium löst.

14. Vom Beryllium.

Symb. und Aequiv. Be = 6,968. Atomengew. (H = 1,0) 13,935 oder (O = 100,0) 87,100. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 465. Das Beryllium stellt ein dunkelgraues, unter dem Polirstahl nur einen schwachen Metallglanz annehmendes Pulver, welches sehr strengflüssig ist, oder eine schwarze, mit glänzenden Punkten untermischte Masse oder stahlgraue Schuppen dar.

Das Oxyd des Berylliums (oder Glyciniums), die Beryllerde, Glycinerde oder Süßerde benannt, wurde 1798 von Vauquelin entdeckt und das Metall zuerst von Wöhler wie das Yttrium (vergl. §. 439) dargestellt. Es findet sich sehr selten und nur oxydirt und mit Kieselsäure verbunden im Phenakit, mit anderen Silikaten im Beryll, Euklas, Leukophan, Chrysoberyll, Helvin und in manchen Arten des Gadolinits.

Beryllium und Sauerstoff.

§. 466. Das Beryllium verändert sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht an der Luft; beim Erhitzen bis zum Glühen verbrennt es mit lebhaftem Feuer zu Berylliumoxyd, Be_2O_3; es wird nicht durch kaltes oder heißes Wasser oder wässeriges Ammoniak verändert, löst sich aber unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas in Salpetersäure, unter Entwicklung von schwefeliger Säure in erwärmter Schwefelsäure und unter Entwicklung von Wasserstoffgas in verdünnter Schwefelsäure und Salzsäure und in Kalilauge.

Berylliumoxyd, Beryllerde.

37,0	— 13,936	Beryllium
63,0	— 24,000	Sauerstoff
100,0	— 37,936	Beryllerde.

Symb. und Aequiv. Be_2O_3 = 37,936. Atom. BeO_3 (Be_2O_3).

§. 467. Die Beryllerde stellt ein sanftes, leichtes, sehr voluminöses, weißes Pulver von 2,967 spec. Gewicht dar, erhärtet sich weder in der Hitze, noch zieht es sich dabei zusammen, ist nur bei den heftigsten Hitzgraden (nicht bei der Temperatur des verbrennenden Metalles) schmelzbar, hat keinen Geruch und Geschmack, löst sich nicht in Wasser und bildet mit Wasser das Beryllerdehydrat (Be_2O_3, 3 oder 4 Aq.), welches im frisch gefällten Zustande dem Alaunerdehydrat gleicht, beim Trocknen aber zu einem weißen Pulver zerfällt, an der Luft Kohlensäure anzieht und in der Hitze das Wasser entläßt.

Man erhält die Beryllerde gewöhnlich aus dem Beryll, indem dieser mit der dreifachen Menge Kalihydrat geschmolzen, die Masse in verdünnter Salzsäure aufgenommen, die Lösung zur Trockne verdunstet, der Rückstand mit salzsaurem Wasser erhitzt, das Filtrat mit Ammoniak gefällt, der aus Beryllerde, Alaunerde und etwas Eisenoxyd bestehende Niederschlag in Schwefelsäure gelöst, die Lösung mit schwefelsaurem Kali vermischt und concentrirt, die Mutterlauge von dem auskrystallisirten Alaun getrennt und mit sehr viel kohlensaurem Ammoniak übersättigt, das Gemische unter öfterem Umschütteln in einem verschlossenen Gefäße einige Tage bei Seite gesetzt, dann das die kohlensaure Beryllerde enthaltende Filtrat bis zur Entfernung des kohlensauren Ammoniaks verdunstet und die dabei sich abscheidende kohlensaure Beryllerde nach dem Auswaschen und Trocknen geglüht wird. (Man kann auch den alaunerdehaltigen Niederschlag von Beryllerde sogleich mit kohlensaurem Ammoniak digeriren.) Oder der Beryll wird mit kohlensaurem Kalk geschmolzen, die erkaltete und feingepulverte Masse mit Salzsäure behandelt und mit dem Filtrat wie zuvor verfahren.

§. 468. Die Beryllerde hat eine geringe Affinität zu den Säuren und löst sich im geglühten Zustand nur langsam, jedoch vollständig, in denselben. Die Berylliumoxyd- oder Beryllerdesalze, Sales beryllici, sind meist farblos und in Wasser löslich und dann von süßlich-herbem Geschmack und saurer Reaction; in der Hitze werden die mit einer flüchtigen oder zersetzbaren Säure zersetzt. Die wässerigen Lösungen geben mit den ätzenden Alkalien und, unter Freiwerden von Schwefelwasserstoff, mit Schwefelammonium, auch mit erdigen Alkalien, Magnesia und Yttererde, einen weißen voluminösen Niederschlag von Beryllerdehydrat, das sich in überschüssigem Kali und Natron (nicht in Ammoniak) löst und daraus durch Salmiak wieder abgeschieden wird; neutrale und saure kohlensaure Alkalien schlagen kohlensaure Beryllerde weiß und im Ueberschuß der Fällungsmittel löslich nieder; kohlensaurer Baryt fällt in der Siedhitze die Salze der Beryllerde fast vollständig; ferner werden die Lösungen der Beryllerdesalze gefällt durch phosphorsaures Natron in weißen Flocken, durch Fluorkalium nach dem Erwärmen beim Erkalten als ein schwerlösliches Doppelsalz krystallinisch, durch Kaliumeisencyanür nach einiger Zeit gallertartig, durch bernsteinsaures Alkali weiß und einige durch Galläpfeltinktur in gelben Flocken.

Man erhält die Beryllerdesalze meist durch Lösen des Hydrates in der Säure, seltener durch doppelte Affinität. Salpetersaure Beryllerde ist nicht krystallisirbar, in Wasser und Weingeist löslich und von sehr süßem, hintennach herbem Geschmack. Kohlensaure Beryllerde ist körnig-voluminös, entläßt in der Hitze die Kohlensäure und löst sich sowohl in kohlensauren Alkalien, als auch und unter Bildung von kohlensaurem Ammoniak in Ammoniaksalzen. Schwefelsaure Beryllerde krystallisirt wasserhaltig (Be_2O_3 $3SO_3$ 12 Aq.) in

ziemlich großen Quadratoktaëdern, verwittert über 40° und bläht sich wie Alaun auf, verliert in der Hitze alle Säure theils als solche, theils als schwefelige Säure und Sauerstoff, und löst sich leicht in Wasser; bei der Digestion mit kohlensaurer Beryllerde giebt es basische, theils unlösliche ($2Be_2O_3, SO_3, 3Aq.$), theils lösliche (Be_2O_3, SO_3 und $Be_2O_3, 2SO_3$) Verbindungen. Kieselsaure Beryllerde findet sich natürlich als Phenakit ($Be_2O_3, 2SiO_3$), mit kieselsaurer Alaunerde im Beryll ($Be_2O_3, 4SiO_3 + 2 [Al_2O_3 2SiO_3]$), im Smaragd von Finnland ($Be_2O_3, 2SiO_3 + Al_2O_3, 2SiO_3$), im Euklas ($Be_2O_3, SiO_3 + 2 [Al_2O_3 SiO_3]$); ferner mit Schwefelmangan, kieselsaurem Manganoxydul und Eisenoxyd im Helvin, mit kohlensaurem Kalk und Fluornatrium im Leukophan.

§. 469. Die Beryllerde verbindet sich auch mit den Alkalien und bildet mit ihnen beryllsaure Salze, Beryllates; man kennt insbesondere die Kaliverbindung, welche im verdünnten Zustand bei der Siedhitze fast alle Beryllerde absetzt und beim Erkalten nur theilweise wieder löst; die Lösung wird durch Ammoniaksalze und Säuren gefällt und der Niederschlag durch letztere wieder gelöst.

Die durch Kochen der alkalischen Lösung gefällte Beryllerde löst sich nicht, wie das Hydrat, in kalter Kalilauge, sondern erst nach der Lösung in Säuren und Fällung durch Ammoniak.

Beryllium und Salzzeuger.

Chlorberyllium, chlorwasserstoffsaure Beryllerde.

11,58	—	13,936	Beryllium
88,42	—	106,389	Chlor.
100,00	—	120,325	Chlorberyllium.

Symb. und Aequiv. $Be_2Cl_3 = 120{,}325$. Atom. $\mathbf{Be}\mathbf{Cl}_3$ (Be_2Cl_6).

§. 470. Schwach erhitztes Beryllium verbrennt in Chlorgas mit starkem Glanz zu Chlorberyllium, welches am besten durch Leiten von trocknem Chlorgas über ein glühendes Gemenge von Beryllerde und Kohle erhalten wird; es sublimirt in seidenglänzenden Nadeln und Flocken, schmilzt bei schwacher Hitze zu einer braunen Flüssigkeit, löst sich unter starker Erhitzung in Wasser und wird durch Kalium bei gelinder Erhitzung unter heftiger Feuerentwicklung zersetzt; die wässerige Lösung, welche auch durch Lösen von Beryllerde in Salzsäure erhalten wird, giebt beim Abdampfen wasserhaltige, undeutliche Krystalle ($Be_2Cl_3, 12Aq.$), die in Weingeist löslich sind und beim Glühen unter Rücklassung von Beryllerde Salzsäure entwickeln.

Bei Ueberschuß der Beryllerde bilden sich beim Abdampfen der salzsauren Lösung basische Verbindungen.

Bromberyllium, Be_2Br_3, bildet sich beim Erhitzen von Beryllium in Bromdampf, stellt weiße, lange, schmelzbare, sehr flüchtige Nadeln dar und löst sich unter Erhitzung in Wasser; die Lösung der Beryllerde in wässerigem Bromwasserstoff giebt beim Verbunsten Krystalle, anscheinend Würfel, die sehr zerfließend sind und beim Erhitzen in Bromwasserstoff und Beryllerde zerfallen.

Jodberyllium, Be_2I_3, bildet sich beim Erhitzen des Berylliums in Joddampf in weißen, schmelzbaren, sehr flüchtigen und in Wasser unter Erhitzung löslichen Nadeln.

Fluorberyllium, Be_2F_3, wird durch Lösen der Beryllerde in Fluorwasserstoffsäure und Verbunsten als eine durchsichtige, gummiartige Masse erhalten, welche bei 60° klar bleibt, bei 100° aber unter Wasserverlust milchweiß wird und im wasserfreien Zustand beim Glühen

keine Säure verliert und dann noch leicht in Wasser löslich ist; verbindet sich mit den Chloralkalimetallen zu Doppelsalzen, welche krystallisirbar und schwierig in Wasser löslich sind.

Beryllium und Kieszeuger.

Schwefelberyllium.

§. 471. Das Beryllium verbindet sich mit Schwefel beim bis zum Verdampfen desselben gesteigerten Erhitzen unter lebhafter Feuerentwicklung zu einer grauen, ungeschmolzenen Masse, die sich schwierig in Wasser ohne, leicht in Säure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas löst.

Selenberyllium bildet sich unter starker Feuerentwicklung beim Zusammenschmelzen von Beryllium und Selen und stellt eine spröde, auf dem Bruche graue und krystallische Masse dar, die sich schwierig, aber ohne Zersetzung in Wasser löst.

Tellurberyllium ist unbekannt.

Beryllium und Erzzeuger.

Phosphorberyllium.

§. 472. Bildet sich beim Erhitzen von Beryllium in Phosphordampf unter lebhafter Feuerentwicklung als ein graues Pulver, welches in Berührung mit Wasser leichtentzündliches Phosphorwasserstoffgas entwickelt.

Arsenberyllium und Antimonberyllium sind unbekannt.

Bor und Kiesel verbinden sich nicht mit Beryllium; von den Doppelverbindungen mit Fluor kennt man nur das Fluorkieselberyllium, welches porcellanartig und in Wasser löslich ist.

Das Beryllium bildet sowohl mit reinem, als mit kohlenstoffhaltigem Eisen eine Legirung.

15. Vom Zirkonium.

Symb. und Aequiv. Zr = 33,670. Atomengew. (H = 1,0) 67,340 oder (O = 100,0) 420,201. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 473. Das Zirkonium stellt ein schwarzes, kohlenähnliches, zusammengebackenes Pulver dar, läßt sich unter dem Polirstahl zu dünnen, glänzenden, graphitähnlichen Schuppen zusammendrücken und leitet auch in diesem Zustand nicht die Elektricität.

Das Oxyd des Zirkoniums, die Zirkonerde, wurde 1789 von Klaproth entdeckt und das Metall von Berzelius 1824 durch Zersetzung des Fluorzirkonium-Fluorkaliums mit Kalium dargestellt. Es findet sich nur oxydirt und mit Kieselsäure verbunden im Zirkon, Hyacinth und Eudialyt, mit Titansäure im Polymignyt, Aeschinit und Oerstedtit, mit Tantalsäure im Fergusonit.

Zirkonium und Sauerstoff.

§. 474. Das Zirkonium verändert sich nicht bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft; beim Erhitzen verbrennt es aber noch weit unter der Glühhitze ruhig und mit starker Lichtentwicklung zu Zirkoniumoxyd, Zr_2O_3; in Wasser bleibt es unverändert, durch Königswasser, Schwefelsäure und Salzsäure wird es nur langsam in der Siedhitze, durch Fluorwasserstoffsäure schon bei gewöhnlicher Temperatur und durch ein Gemische von dieser und Salpetersäure mit ungemeiner Heftigkeit gelöst, aber nicht von alkalischen Laugen angegriffen; dagegen oxydirt sich das Zirkonium leicht auf trocknem Wege, wie beim Erhitzen mit Alkalihydraten oder kohlensauren Alkalien, das Hydratwasser oder die Kohlensäure zersetzend; ferner beim Erhitzen mit salpetersaurem oder chlorsaurem Kali.

Zirkoniumoxyd, Zirkonerde.

73,72	—	67,34	Zirkonium
26,28	—	24,00	Sauerstoff.
100,00	—	91,34	Zirkonerde.

Symb. und Aequiv. $Zr_2O_3 = 91{,}34$. Atom. ZrO_3 (Zr_2O_3).

§. 475. Die Zirkonerde ist ein weißes, rauh anzufühlendes, beim Glühen nicht zusammensinterndes und unschmelzbares, Glas ritzendes Pulver von 4,3 spec. Gewicht; sie bildet mit Wasser das Zirkonerdehydrat ($2Zr_2O_3$, 3 Aq.), welches im frisch gefällten Zustande weiß, voluminös und halbgallertartig ist, beim Trocknen zusammenschrumpft und gelblich, glänzend und durchscheinend wird, unter der Glühhitze das Wasser entläßt, dann beim bis zum anfangenden Glühen gesteigerten Erhitzen in lebhaftes Erglimmen kommt und nun, mit Ausnahme von Schwefelsäure und Fluorwasserstoffsäure, in den Säuren unlöslich ist.

Man erhält die Zirkonerde aus den beim Glühen farblos werdenden Hyacinthen durch Schmelzen mit kohlensaurem Kali und Aetznatron, Behandlung der Masse mit Salzsäure, Abdampfen der Lösung, Wiederauflösen des Rückstandes in Wasser und Fällung des Filtrates mit Aetzammoniak; durch Kochen des Niederschlags mit wässeriger Oxalsäure wird das Eisenoxyd entfernt und die gebildete oxalsaure Zirkonerde durch Glühen zersetzt. Oder man leitet über ein inniges Gemenge von Zirkonpulver und Kohle beim Glühen desselben trocknes Chlorgas, löst das sich bildende Chlorzirkonium in Salzsäure und fällt es durch Ammoniak.

§. 476 Die Zirkonerde hat eine sehr geringe Affinität zu den Säuren und löst sich nur im ungeglühten Zustand in den meisten. Die normalen Zirkoniumoxyd- oder Zirkonerdesalze, Sales zirconici, sind meist farblos und in Wasser löslich, schmecken rein zusammenziehend sauer, reagiren sauer und verlieren in der Hitze die Säure, wenn diese verdampfbar oder zersetzbar ist. Die Auflösungen derselben geben mit den Alkalien, Schwefelammonium und den meisten Erden einen aus Zirkonerdehydrat bestehenden, im Ueberschuß der Alkalien unlöslichen, mit kohlensauren Alkalien und kohlensaurem Kalk einen aus kohlensaurer Zirkonerde bestehenden, in einfach- und doppelt-kohlensauren Alkalien löslichen und mit schwefelsaurem Kali einen aus basisch-schwefelsaurem Zirkonerde-Kali bestehenden Niederschlag; ferner werden sie gefällt durch phosphorsaures Natron weiß, durch Oxalsäure flockig und in viel Salzsäure löslich, durch weinsteinsaure Alkalien weiß und in Kali löslich, durch bernsteinsaure und benzoësaure Alkalien weiß und durch Galläpfeltinktur gelblich voluminös, in einem Ueberschuß löslich. Die Zirkonerde bildet sehr leicht basische Salze.

Man erhält die Zirkonerdesalze theils durch Lösen des Hydrates in der Säure, theils durch doppelte Affinität. Salpetersaure Zirkonerde ist gummiartig. Kohlensaure Zirkonerde ist weiß, pulverig und im frisch gefällten Zustand in kohlensauren Alkalien löslich. Schwefelsaure Zirkonerde ($Zr_2O_3, 3SO_3$) schießt aus der sauren Lösung in wasserhaltigen Krystallen an und wird aus der neutralen Lösung beim Verdampfen als eine gummiähnliche Masse erhalten, ist langsam, aber vollständig in kaltem, leicht in heißem Wasser löslich; giebt bei der Vermischung mit Weingeist (Zr_2O_3, SO_3) oder bei der Digestion mit Zirkonerdehydrat ($Zr_2O_3, 2SO_3$) basische Salze und bildet mit schwefelsaurem Kali ein basisches Doppelsalz. Kieselsaure

Zirkonerde findet sich im Zirkon (Zr_2O_3, SiO_3) und mit kieselsaurem Kalk, Natron und Eisenoxyd und Chlornatrium im Eudialyt.

Zirkonium und Salzzeuger.

Chlorzirkonium, chlorwasserstoffsaure Zirkonerde.

38,76	—	67,340	Zirkonium
61,24	—	106,389	Chlor.
100,00	—	173,729	Chlorzirkonium.

Symb. und Aequiv. $Zr_2Cl_3 = 173{,}729$. Atom. $\mathbf{Zr}\,\mathbf{Cl}_3$ (Zr_2Cl_6).

§. 477. Gelinde erhitztes Zirkonium verbrennt in Chlorgas zu Chlorzirkonium; dieses bildet sich auch beim Leiten von trocknem Chlorgas über ein glühendes Gemenge von Zirkonerde (auch gepulvertem Zirkon) und Kohle, und ist weiß; die Lösung der Zirkonerde in Salzsäure giebt beim Verdunsten wasserhaltige, kleine, farblose, seidenglänzende Nadeln, die bei 50° Wasser und die Hälfte Säure verlieren, bei stärkerem Erhitzen reine Zirkonerde hinterlassen, und sich in Wasser und Weingeist lösen.

Bromzirkonium, Zr_2Br_3, wird wasserhaltig durch Lösen des Zirkonerdehydrates in wässerigem Bromwasserstoff und Verdunsten in körnigen Krystallen erhalten, die beim Erhitzen Bromwasserstoff und Zirkonerde geben.

Jodzirkonium ist unbekannt.

Fluorzirkonium, Zr_2F_3, scheidet sich beim Verdunsten der Lösung von Zirkonerde in Fluorwasserstoffsäure in wasserhaltigen Krystallen ab, die durch Wasser und Kochen in eine basische und saure Verbindung zerlegt werden. Bildet mit Fluormetallen mehrere Doppelsalze.

Zirkonium und Kieszeuger.

Schwefelzirkonium.

§. 478. Zirkonium verbindet sich beim Erhitzen mit Schwefel im luftleeren Raum ohne, in Wasserstoffgas mit schwacher Feuererscheinung zu einem dunkelzimmtbraunen Pulver, welches unter dem Polirstahl keinen Glanz annimmt und nicht die Elektricität leitet; es löst sich leicht unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff in Fluorwasserstoffsäure, langsam in kochendem Königswasser.

Selenzirkonium und Tellurzirkonium, so wie Verbindungen des Zirkoniums mit Phosphor, Arsen und Antimon, Bor und Kiesel sind unbekannt. Fluorkieselzirkonium bildet weiße, perlglänzende, leicht in Wasser lösliche Krystalle.

Zirkoniumamalgam ist durch Ausströmen der negativen Elektricität durch Kaliumamalgam auf die mit dem positiven Pole verbundene schwach angefeuchtete Zirkonerde darzustellen.

γ. Metalle der den schweren Metalloxyden ähnlichen Erden.

§. 479. Die Metalle dieser Gruppe (das Cerium, Lanthan und Didym) sind mit Ausnahme des ersteren nur wenig bekannt; die Oxyde derselben bilden den Uebergang von den Erden zu den eigentlichen Metalloxyden und schließen sich diesem schon dadurch an, daß sie gewöhnlich gefärbt sind und meist farbige Salze bilden.

16. Vom Cerium.

Symb. und Aequiv. $Ce = 46{,}051$. Atomengew. ($H = 1{,}0$) 92,102 oder ($O = 100{,}0$) 574,796. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 480. Das Cerium stellt ein graues, dem gepulverten Platinschwamm

ähnliches, unter dem Polirstahl metallglänzend werdendes, oder ein dunkelrothbraunes, unter dem Polirstahl nur einen matten Glanz annehmendes Pulver dar; leitet nicht die Elektricität.

Die Oxyde des Ceriums wurden gleichzeitig von Klaproth und von Hisinger und Berzelius im Jahr 1803 entdeckt und das Metall zuerst von Mosander durch Zersetzung des Chlorceriums mit Kalium in der Hitze dargestellt; es findet sich in der Natur nur oxydirt und mit Säuren verbunden oder an Fluor gebunden vor.

Cerium und Sauerstoff.

§. 481. Das Cerium verändert sich nicht an der Luft oder in Wasser bei gewöhnlicher Temperatur; in erhitztem Wasser und sehr stark verdünnten Säuren wird es unter Entwicklung von Wasserstoffgas in Ceriumoxydul, CeO, und beim Erhitzen an der Luft unter glänzender Lichtentwicklung und Funkensprühen in Ceriumoxyd, Ce_2O_3, verwandelt.

Ceriumoxyd-Oxydul entsteht beim Glühen des Oxydes in Wasserstoffgas und beim heftigen Glühen des kohlensauren oder oxalsauren Ceriumoxyduls in einer Retorte, ist citronengelb, verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu Oxyd, löst sich in Salzsäure unter Entwicklung von Chlor, in verdünnten Säuren mit Rücklassung des Oxydes, und bildet ein gelbes Hydrat, das beim Aussetzen des Ceriumoxydulhydrates an der Luft entsteht.

Ceriumoxydul, Ceroxydul.

85,19	—	46,051 Cerium
14,81	—	8,000 Sauerstoff.
100,00	—	54,051 Ceriumoxydul.

Symb. und Aequiv. $CeO = 54,051$.

§. 482. Das Ceriumoxydul ist im reinen Zustand wenig bekannt; das aus dem Oxyd durch Erhitzen im Kohlentiegel bei dem heftigsten Gebläsefeuer erhaltene Oxydul stellt unter dem Mikroskop kleine, gelbliche, durchscheinende Theilchen dar. Das Hydrat ist weiß, wird aber an der Luft durch Sauerstoffabsorption gelb.

Man erhält das Ceriumoxydul durch Lösen des Cerits in Salzsäure, Verdampfen zur Trockne, Auflösen in Wasser, Neutralisiren des Filtrates mit Ammoniak, Entfernung des Eisenoxydes durch bernsteinsaures Ammoniak und Fällung des Filtrates durch Ammoniak. Oder die zur Trockne verdunstete Lösung des Cerits in Königswasser wird in Wasser aufgenommen, das Filtrat mit Ammoniak gefällt, der Niederschlag in Salpetersäure gelöst, die Flüssigkeit durch Kali neutralisirt, durch weinsteinsaures Kali weinsteinsaures Ceroxydul gefällt, dieses geglüht, der Rückstand in Säure gelöst und das Filtrat durch Ammoniak gefällt. Oder die Lösung des Cerits in Königswasser wird zur Trockne verdunstet, der Rückstand gelinde erhitzt, dann in Wasser gelöst, das Filtrat durch benzoësaures Ammoniak und nach der Abscheidung des Eisens das Ceriumoxydul durch Ammoniak gefällt, letzterer Niederschlag in Salzsäure gelöst, die Lösung in einer Retorte eingedampft und der Rückstand so lange geglüht, als noch Chlor entweicht, dann in Wasser gelöst und durch Kali gefällt. Auch kann der Cerit mit Schwefelsäure im Ueberschuß längere Zeit gekocht, die Masse mit kaltem Wasser ausgezogen, das Filtrat mit Krystallrinden von schwefelsaurem Kali in Berührung gesetzt, das sich ausscheidende Doppelsalz entweder mit kohlensaurem Natron geschmolzen oder mit Kohle

vermengt, der Weißglühhitze ausgesetzt und das auf erstere Weise erhaltene Oxyd (oder das Schwefelcerium, welches sich durch das Glühen mit Kohle gebildet hat und durch Behandlung mit Salpetersäure, Verdampfen und Glühen in Oxyd verwandelt wird) in Säuren gelöst und durch ein Alkali gefällt werden. Das auf die angegebenen und verschiedene andere Weisen erhaltene Ceroxydulhydrat enthält viel Lanthanoxyd mit wenig Didymoxyd; es muß in Salpetersäure gelöst, die Lösung zur Trockne verdunstet, der Rückstand geglüht, und dann mit einem Gemische von 1 Th. Salpetersäure und 50 bis 100 Th. Wasser behandelt werden, wobei sich hauptsächlich Lanthanoxyd löst und Ceroxyd mit sehr wenig Lanthanoxyd und Didymoxyd zurückbleibt; dieses löst man in Salzsäure, neutralisirt die Lösung möglichst genau mit Ammoniak, vermischt mit essigsaurem Ammoniak, fällt mit oxalsaurem Ammoniak, glüht das oxalsaure Ceroxydul und behandelt den Rückstand nochmals mit verdünnter Salpetersäure, welche den geringen Rückhalt von Lanthanoxyd auflöst.

§. 483. Das Ceroxydul löst sich als Hydrat leicht in den Säuren und bildet mit ihnen die Cerium- oder Ceroxydulsalze, Sales ceriosi; diese sind farblos, zum Theil in Wasser löslich und dann von süßlich-herbem Geschmack und saurer Reaktion; sie werden bei flüchtiger oder zersetzbarer Säure in der Hitze (mit Ausnahme des schwefelsauren Kalidoppelsalzes) zersetzt. Aus den wässerigen Lösungen wird durch die ätzenden Alkalien und Schwefelammonium im Ueberschuß von reinem Alkali unlösliches Oxydulhydrat, durch einfach- oder doppelt-kohlensauren Alkalien im Ueberschuß etwas lösliches kohlensaures Ceroxydul, durch phosphorsaures Natron in Salpetersäure lösliches phosphorsaures Salz, durch Oxalsäure und oxalsaure Alkalien in Salpetersäure lösliches oxalsaures Salz und durch schwefelsaures Kali ein Doppelsalz niedergeschlagen; ferner wirken noch fällend arsensaures und weinsteinsaures Kali, bernsteinsaures und benzoësaures Ammoniak und Kaliumeisencyanür, nicht Galläpfeltinktur, Schwefelwasserstoff, kohlensaures Baryt, metallisches Zink und Eisen.

Man erhält die Ceroxydulsalze meist durch Lösen des Hydrates oder des kohlensauren Salzes in Säuren, wenige durch doppelte Affinität. Salpetersaures Ceroxydul krystallisirt in farblosen Nadeln und ist in Wasser und Weingeist löslich. Kohlensaures Ceroxydul ist weiß, körnig, silberglänzend, zum Theil auch schuppig-krystallinisch und in kohlensauren Alkalien etwas löslich; wird durch Glühen im verschlossenen Raum in Ceroxyd-Oxydul, an der Luft in Ceroxyd verwandelt. Schwefelsaures Ceroxydul (CeO, SO_3) ist weiß, pulverig, erhärtet mit wenig Wasser zu einer festen, schwierig löslichen Masse, krystallisirt mit 3 Aequiv. Wasser in farblosen, geraden rhombischen Säulen und bildet mit den schwefelsauren Alkalien schwerlösliche Doppelsalze. Phosphorsaures Ceroxydul findet sich natürlich als Monazit in schiefen rhombischen Säulen von 5,0 spec. Gewicht und als Edwardsit in schiefen rhombischen Säulen von 4,2 bis 4,6 spec. Gewicht, in ersterem vorzüglich mit Lanthanoxyd, im letzteren mit Zirkonerde. Kieselsaures Ceroxydul findet sich natürlich als Cerit ($3CeO, SiO_3 + 3$ Aq.), mit kieselsaurer Yttererde im Gadolinit ($6 [FeO, CeO], SiO_3 + 3 [3 YtO, SiO_3]$), mit kieselsaurer Thonerde im Orthit ($3 CeO, SiO_3 + 3 [Al_2 O_3, SiO_3] + 6$ Aq. und mit $3 CeO, SiO_3 + 3 Fe_2 O_3, SiO_3$ vermengt).

Ceriumoxyd, Ceroxyd.

79,03 —	92,102	Cerium
20,97 —	24,000	Sauerstoff
100,00 —	116,102	Ceroxyd.

Symb. und Aequiv. Ce_2O_3 = 116,102 Atom. CeO_3 (Ce_2O_3).

§. 484. Das Ceroxyd ist im reinen Zustand citronengelb, unschmelzbar und ohne Geschmack (das lanthanoxydhaltige ziegel= bis braunroth und von 5,6059 spec. Gewicht), löst sich nur in Schwefelsäure, giebt beim Glühen in Wasserstoffgas Ceroxyd=Oxydul und beim Erwärmen mit Salzsäure unter Entwicklung von Chlor Ceriumchlorür, und verbindet sich mit Wasser zu Ceroxydhydrat, welches im frisch gefällten Zustand schwierig und bei Abwesenheit von Didym schwefelgelb ist.

Wird durch Glühen des kohlensauren oder salpetersauren Ceroxyduls erhalten.

§. 485. Das Ceroxyd bildet mit den Säuren die Ceroxydsalze, Sales cerici; diese sind gelb oder orangefarben, schmecken säuerlich=süß und sehr herb, werden durch Kochen mit Salzsäure in Ceroxydulsalze verwandelt und geben in der wässerigen Lösung mit den feuerbeständigen Alkalien Ceroxydhydrat, mit Ammoniak meist ein basisches Salz als Niederschlag und mit schwefelsaurem Kali ein pomeranzenfarbiges, schwerlösliches Doppelsalz.

Man erhält die Ceroxydsalze meist aus dem schwefelsauren Salze durch doppelte Affinität. Salpetersaures Ceroxyd ist krystallinisch und hygroskopisch. Kohlensaures Ceroxyd ist schmutzig=weiß und leicht im Wasser löslich. Schwefelsaures Ceroxyd (Ce_2O_3, $3SO_3$) krystallisirt in citronengelben Säulen, die an der Luft unter Verlust der Farbe verwittern; bildet mit schwefelsaurem Kali ein Doppelsalz, welches aus heißem Wasser in dunkelgelben Krystallen anschießt.

Cerium und Salzzeuger.

Ceriumchlorür, chlorwasserstoffsaures Ceroxydul.

56,5 —	46,051	Cerium
43,5 —	35,463	Chlor
100,0 —	81,514	Ceriumchlorür.

Symb. und Aequiv. $CeCl$ = 81,514. Atom. $CeCl$ ($CeCl_2$)

§. 486. Das erhitzte Cerium verbrennt in Chlorgas lebhaft zu Chlorür; dieses bildet sich auch beim Leiten von Chlorgas über glühendes Ceroxyd, und läßt sich durch Zersetzung des erhitzten Schwefelceriums mit trocknem Chlorgas oder durch Lösen des Oxyduls in Salzsäure und Verdampfen und Erhitzen der mit Salmiak vermischten Lösung darstellen; es ist weiß, porös, in der Rothglühhitze schmelzbar und in Wasser und Weingeist löslich; aus der syrupsdicken Lösung krystallisiren wasserhaltige, farblose, vierseitige Säulen; die weingeistige Lösung verbrennt mit grüner, funkelnder Flamme. Die wasserfreie Verbindung wird durch erhitzte Alkalimetalle zersetzt; die wasserhaltige Verbindung zerfällt beim Erhitzen in Wasser, Salzsäure und ein oxydulhaltiges Cerchlorür, das weiß ist, an der Luft gelb wird, sich nicht in Säuren löst und durch starkes Glühen an der Luft in reines Oxyd übergeht.

Ceriumchlorid, Ce_2Cl_3, ist in der rothgelben Lösung des Ceroxydes in Salzsäure enthalten, die bei der geringsten Erwärmung Chlorgas entwickelt und nach längerem Kochen in Cerchlorür übergeht.

Ceriumbromür, $CeBr$, ist in der Lösung des Ceroxyduls in wässerigem Bromwasserstoff enthalten, die beim Verdunsten Bromwasserstoff

entwickelt und ein oxydulhaltiges Cerbromür hinterläßt, das in Wasser unlöslich ist.

Ceriumiodür, CeI; Ceroxydul löst sich in wässerigem Jodwasserstoff, beim Verdampfen der Lösung scheidet sich aber Jod ab und beim Glühen des Rückstandes bleibt Ceroxyd.

Ceriumfluorür, fluorwasserstoffsaures Ceroxydul.

71,28	— 46,051	Cerium
28,72	— 18,834	Fluor.
100,00	— 64,885	Cerfluorür.

Symb. und Aequiv. CeF = 64,885. Atom. CeF (CeF_2).

§. 487. Wird durch Zersetzung von gelöstem Cerchlorür und Fluorkalium als ein weißer, in Wasser unlöslicher Niederschlag erhalten, der sich in der Hitze bei gleichzeitiger Einwirkung von Wasserstoffgas und Kalium nur theilweise zersetzt.

Ceriumfluorid, Ce_2F_3, wird auf gleiche Weise erhalten und ist gelb; findet sich mit Fluorür natürlich in sechsseitigen Säulen, mit Ceroxyd als basisches Fluorcerium (Ce_2F_3, Ce_2O_3, 3 Aq.) und mit Fluoryttrium und Fluorcalcium im Yttrocerit vor.

Cerium und Kieszeuger.

Ceriumsulphür.

75,82	— 46,051	Cerium
24,18	— 16,000	Schwefel.
100,00	— 62,051	Cersulphür.

Symb. und Aequiv. Ce S = 62,051.

§. 488. Cerium verbindet sich beim Erhitzen mit Schwefel unter Feuerentwicklung zu Schwefelcerium, das auch beim Leiten von Schwefelkohlenstoffdampf über glühendes kohlensaures Ceroxydul oder Ceroxyd, oder beim Glühen von Ceroxyd mit der dreifachen Menge Kalischwefelleber entsteht; es stellt fettig anzufühlende, bald gelbgrüne, bald goldgelbe, dem Musivgold ähnliche, durchscheinende, feine Krystallschuppen dar, die beim Erhitzen in einem darauf nicht zersetzend wirkenden Gase erst roth, dann dunkelroth, zuletzt schwarz, beim Erkalten aber wieder gelb werden; es verändert sich nicht an der Luft und im Wasser, entzündet sich aber beim Erhitzen an der Luft vor dem Glühen unter Entwicklung von schwefeliger Säure und Bildung von basisch-schwefelsaurem Ceroxyd, wird in der Hitze durch Chlor und bei gewöhnlicher Temperatur durch die schwächsten Säuren zersetzt und verwandelt sich durch Kali in ein oxydulhaltiges Cersulphür, das auch durch Glühen von kohlensaurem Ceroxydul mit Schwefel oder beim Glühen desselben in Schwefelwasserstoffgas entsteht, apfelgrün ist und bei der Lösung in Säuren Schwefel fallen läßt.

Ceriumsulphid, Ce_2S_3, ist nur in Verbindung mit sauren Schwefelmetallen bekannt.

Ceriumselenür, CeSe, bildet sich beim Glühen des selenigsauren Ceroxyduls in Wasserstoffgas und stellt ein bräunliches Pulver dar, das sich zwar nicht in Wasser verändert, aber an der Luft fortwährend widrig nach Selenwasserstoff riecht, beim Erhitzen an der Luft selenige Säure entwickelt und ein weißes, sehr schwerlösliches Pulver hinterläßt, und sich in den schwächsten Säuren unter Entwicklung von Selenwasserstoff auflöst.

Tellurcerium ist unbekannt.

Cerium und Erzzeuger.

Phosphorcerium.

§. 489. Cerium und Phosphor wirken in der Hitze nicht auf einander; wird aber über weißglühendes Ceroxyd Phosphorwasserstoffgas geleitet, so bildet sich ein graues Pulver, welches an der Luft erhitzt allmählig weiß wird und sich in den concentrirtesten Säuren nur schwierig und ohne Gasentwicklung als phosphorsaures Ceroxydul auflöst.

Arsen und Antimon, sowie Bor und Kiesel, sind bis jetzt noch nicht mit Cerium verbunden worden.

Beim Weißglühen eines Gemenges von Ceroxyd, Eisenoxyd und Kohle bildet sich kohlenstoffhaltiges Eisencerium, welches eine grüne, magnetische, sehr spröde, beim Feilen metallisch erscheinende Masse darstellt.

17. Vom Lanthan.

Symb. und Aequiv. La = 37,15. Atomengew. (H = 1,0) 74,30 oder (O = 100,0) 451,879. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 490. Das Lanthan stellt ein dunkel bleigraues, weiches, zusammendrückbares und dann metallglänzendes Pulver dar.

Es wurde 1839 von Mosander als Oxyd neben Ceroxyd im Cerit, Eurenit, Monazit, Gadolinit von Ytterby, Tschewkinit und Mosandrit aufgefunden und durch Zersetzung des Chlorlanthans mit Natrium dargestellt.

Lanthan und Sauerstoff.

§. 491. Das Lanthan oxydirt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft langsam zu Lanthanoxyd, LaO, und entwickelt in Berührung mit Wasser, besonders schnell in der Wärme, Wasserstoffgas unter Bildung eines schleimigen Hydrates.

Lanthansuperoxyd entsteht bei der Fällung eines Lanthanoxydsalzes mit Baryumsuperoxyd als Hydrat, ist weiß und verliert beim Trocknen Sauerstoff.

Lanthanoxyd, Lanthanerde.

82,28 —	37,15	Lanthan
17,72 —	8,00	Sauerstoff
100,00 —	45,15	Lanthanoxyd.

Symb. und Aequiv. LaO = 45,15.

§. 492. Das Lanthanoxyd ist weiß, pulverig und in Feuer unveränderlich und wird durch Berührung mit Wasser in Lanthanoxydhydrat verwandelt, welches auch bei der Einwirkung von Wasser auf das Metall und bei der Zersetzung der Lanthanoxydsalze durch Alkalien entsteht, im frischgefällten Zustand schleimig ist und die blaue Farbe des gerötheten Lakmuspapier wieder herstellt.

Das Lanthanoxyd wird nebst Didymoxyd aus dem Ceroxyd durch verdünnte Salpetersäure ausgezogen (vergl. §. 482), die Lösung durch Kalihydrat gefällt, der Niederschlag in Schwefelsäure gelöst, das trockne schwefelsaure Salzgemische unter 9° in der sechsfachen Menge Wasser aufgenommen und die Lösung bis 40° erhitzt, wobei sich das Lanthansalz ausscheidet, das Didymsalz aber gelöst bleibt; das Lanthansalz wird durch kohlensaures Ammoniak zersetzt und das kohlensaure Lanthanoxyd durch anhaltendes Glühen zersetzt.

§. 493. Das Lanthanoxyd löst sich auch nach starkem Glühen leicht

in Säuren und unter Entwicklung von Ammoniak in kochender Salmiaklösung. Die Lanthanoxyd- oder Lanthanerdesalze, Sales lanthanici, sind im reinen Zustand farblos (die didymhaltigen mehr oder minder amethystroth) und im löslichen Zustand von zusammenziehendem, kaum süßlichem Geschmack; die wässerigen Lösungen geben mit Alkalien und (unter Freiwerden von Schwefelwasserstoff) mit Schwefelammonium einen Niederschlag von Hydrat, das sich nicht in überschüssigem Alkali löst, mit einfach- oder doppelt-kohlensauren Alkalien im Ueberschuß ebenfalls unlösliches kohlensaures Salz, mit phosphorsaurem Natron phosphorsaures Salz und mit oxalsaurem Natron oxalsaures Salz.

Man erhält die Lanthanoxydsalze durch Lösen des reinen oder kohlensauren Oxydes in der Säure oder durch doppelte Affinität. Kohlensaures Lanthanoxyd findet sich natürlich mit Spuren von Ceroxydul in kleinen Krystallschuppen. Schwefelsaures Lanthanoxyd ist im wasserfreien Zustand röthlich-weiß, krystallisirt amethystfarben und bildet mit schwefelsaurem Kali ein schwerlösliches Doppelsalz.

Lanthan und Salzzeuger.

Chlorlanthan, chlorwasserstoffsaures Lanthanoxyd

51,16	— 37,150	Lanthan
48,84	— 35,463	Chlor
100,00	— 72,613	Chlorlanthan.

Symb. und Aequiv. La Cl = 72,613. Atom. La €l ($LaCl_2$).

§. 494. Das Chlorlanthan wird beim Verdampfen der salzsauren Lösung des Lanthanoxydes und Entwässern des Rückstandes in einem Strom von salzsaurem Gas oder beim Leiten von salzsaurem Gas über glühendes Lanthanoxyd erhalten, löst sich leicht in Wasser und schießt hieraus in blaß-rosenrothen, wasserhaltigen Krystallen an.

Brom- und Jodlanthan sind unbekannt.

Lanthan und Kieszeuger.

Schwefellanthan.

§. 495. Lanthan giebt beim Glühen in Schwefelkohlenstoffdampf eine gelbe Masse, die aber schon durch kaltes Wasser in Lanthanoxydhydrat und Schwefelwasserstoff zersetzt wird; glüht man aber Lanthanoxyd mit der dreifachen Menge Natronschwefelleber, so erhält man nach dem Auswaschen einen rothgelben Rückstand, der unter dem Mikroskop aus durchscheinenden Krystallen besteht.

Verbindungen des Lanthans mit Selen und Tellur, Phosphor, Arsen und Antimon, Bor und Kiesel und Metallen sind noch unbekannt.

18. Vom Didym.

Symb. D. Aequiv. und Atomengewicht, spec. Gewicht und und spec. Wärme?

§. 496. Das Didym ist nur als Oxyd, Didymoxyd, DO, bekannt, als solches braun, in der Weißglühhitze schmutzig-weiß, als Hydrat bläulich-violett und bildet mit den Säuren die Didymoxydsalze, Sales didymici, die amethystroth, mit einem Stich in's Bläuliche gefärbt sind, mit kohlensaurem Ammoniak einen im Ueberschuß unlöslichen Niederschlag geben und dem Phosphorsalz in der inneren Löthrohrflamme eine amethystroth-violette Färbung mittheilen.

Das Didymoxyd wurde 1843 von Mosander als ein Begleiter des Ceroxydes und Lanthanoxydes entdeckt und aus dem schwefelsauren Salze (vergl. §. 492) durch Aetzkali abgeschieden. Salpetersaures

Didymoxyd ist leicht in Wasser löslich und schwierig krystallisirbar. Schwefelsaures Didymoxyd krystallisirt in langen und dünnen rhomboidalen Prismen und löst sich leichter in kaltem, als in kochendem Wasser.

II. Schwere Metalle.

A. Von den unedlen Metallen.

a) Strengflüssige Metalle.

19. Vom Mangan.

Symb. und Aequiv. Mn = 27,716. Atomengew. (H = 1,0) 55,432 oder (O = 100,0) 345,887. Spec. Gewicht = 8,013. Spec. Wärme?

(Vergl. Bd. 3, S. 50 u. 51.)

Mangan und Sauerstoff.

§. 497. Das Mangan zeichnet sich unter den schweren Metallen durch seine große Affinität zum Sauerstoff aus, indem es sich schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft oder im Wasser, noch schneller aber in allen wässerigen Säuren theils unter Zersetzung des Wassers, theils unter der der Säure oxydirt und in Manganoxydul, MnO, verwandelt, welches leicht mehr Sauerstoff aufnimmt und in Manganoxyd, Mn_2O_3, oder Manganoxyd-Oxydul, Mn_3O_4, oder Mangansuperoxyd, MnO_2, Mangansäure, MnO_3, oder Uebermangansäure, Mn_2O_7, übergeht.

Manganoxydul.

77,59 — 27,716	Mangan	79,89 — 35,716	Manganoxydul
22,41 — 8,000	Sauerstoff	20,11 — 9,000	Wasser.
100,00 — 35,716	Manganoxydul:	100,00 — 44,716	Manganoxydulhydr.

Symb. und Aequiv. MnO = 35,716 und MnO, Aq. = 44,716.

§. 498. Das Manganoxydul bildet sich bei der Einwirkung von Wasser auf Mangan bei Abschluß der Luft, beim Lösen desselben in wässerigen Säuren oder bei der Einwirkung von Säuren auf die höheren Oxydationsstufen, ist grünlich-grau, beim Erhitzen blaßgelb, pulverig oder zusammengebacken, im Essenfeuer zu einer schön grünen Masse schmelzbar, läßt sich durch eine glühende Kohle entzünden und verbrennt glimmend zu Oxyd, wird bei heftiger Hitze durch Kohle, aber nicht durch Kohlenoxydgas oder Wasserstoffgas reducirt, giebt beim Glühen mit Schwefel oxydulhaltiges, mit Schwefelwasserstoff reines Schwefelmangan und bildet mit Wasser das Manganoxydulhydrat, welches frisch gefällt weiß und flockig ist, an der Luft aber durch höhere Oxydation braun wird.

Man erhält das Manganoxydul durch gelindes Glühen des kohlensauren Manganoxyduls oder des Hydrates in gegen den Zutritt der Luft geschützten Gefäßen oder in einem Raum von Wasserstoffgas, oder durch Ueberleiten von Wasserstoffgas über gelinde glühendes Manganoxydoxydul, oder durch schwaches Weißglühen der höheren Oxydationsstufen in einem Kohlentiegel, ferner durch Glühen des oxalsauren Manganoxyduls, sowie auch durch Glühen eines Gemenges von wasserfreiem Manganchlorür mit gleich viel kohlensaurem Natron und etwas Salmiak.

§. 499. Das Manganoxydul neutralisirt die Säuren ziemlich vollständig und bildet mit ihnen die Manganoxydulsalze, Sales manganosi; diese sind blaß-rosenroth oder farblos, meist in Wasser löslich und dann von bitterlich-zusammenziehendem Geschmack und werden, wenn die

Säure beständig, in der Glühhitze nicht zersetzt; vor dem Löthrohr mit Borax oder Phosphorsalz zusammengeschmolzen, geben sie in der äußern Flamme amethystfarbene, in der innern Flamme farblose Perlen, und mit Soda am Platindraht eingeschmolzen eine saftgrüne Masse. Die wässerigen Lösungen lassen auf Zusatz von Chlorkalk, unterchloriger Säure, Bromsäure oder Gemischen von bromsaurem oder chlorsaurem Kali und Schwefelsäure Mangansuperoxydhydrat, bei Zusatz von ätzenden Alkalien (Ammoniak fällt nur zur Hälfte und aus sehr sauren Lösungen gar kein Hydrat, da sich ein lösliches Doppelsalz bildet, welches bei Ueberschuß von Ammoniak langsam an der Luft Oxydhydrat fallen läßt) in Ammoniaksalzen lösliches Oxydulhydrat, auf Zusatz von einfach- und doppelt-kohlensauren Alkalien (sehr verdünnte Lösungen trüben sich durch die doppelt-kohlensauren Alkalien erst nach längerem Stehen oder beim Kochen), kohlensaurem Kalk, Strontian, Baryt und Magnesia kohlensaures Manganoxydul, im nicht zu verdünnten Zustand auf Zusatz von phosphorsaurem Natron phosphorsaures Manganoxydul, durch Schwefelalkalimetalle im Ueberschuß unlösliches, aber in Essigsäure lösliches, fleischrothes, an der Luft braunschwarz werdendes Schwefelmanganhydrat, durch arsensaure oder oxalsaure Alkalien in Ammoniaksalzen lösliches arsensaures oder oxalsaures Manganoxydul und durch Kaliumeisencyanür oder Kaliumeisencyanid weißes oder braungelbes Cyaneisenmangan fallen; durch andere Metalle werden die Lösungen der Mangansalze nicht reducirt. Die Manganoxydulsalze bilden mit den Salzen verschiedener Basen Doppelsalze.

Man erhält die Manganoxydulsalze durch Lösen des Oxyduls oder der höheren Oxydationsstufen des Mangans in der Säure, viele auch durch doppelte Affinität. **Salpetersaures Manganoxydul** krystallisirt nur schwierig und mit 6 Aequiv. Wasser in weißen, gestreiften Nadeln, die an der Luft zerfließen und leicht in Wasser und Weingeist löslich sind. **Kohlensaures Manganoxydul** findet sich wasserfrei natürlich als **Manganspath** in rosarothen Oktaëdern von 3,59 spec. Gewicht und der Härte des Flußspathes und wird wasserhaltig (2 MnO, 2 CO_2, Aq.) bei der Zersetzung eines Manganoxydulsalzes durch einfach- oder doppelt-kohlensaures Alkali als ein weißes, zartes, luftbeständiges Pulver erhalten, das geschmacklos und nur sehr wenig in reinem, mehr in kohlensaurem Wasser, leicht in Ammoniaksalzen löslich ist, beim Glühen an der Luft Manganoxydoxydul hinterläßt, beim Glühen mit Schwefel schwefelige Säure, Kohlensäure, schwefelsaures Manganoxydul und oxydulhaltiges Schwefelmangan giebt und durch wässeriges Chlor, wässerigem Chlorkalk und Kalilauge in der Siedhitze zersetzt wird. **Schwefelsaures Manganoxydul** kann mit 1, 2, 3, 4, 5 und 7 Aequiv. Wasser verbunden sein; aus der kochenden Lösung fällt einfach gewässertes Salz nieder; aus der concentrirten Lösung scheidet sich unter 6° siebenfach gewässertes in durchsichtigen, blaßrothen, schiefen rhomboidalen Prismen (Form des Eisenvitriols), zwischen 7 und 20° das fünffach gewässerte in rhombischen Säulen (Form des Kupfervitriols), zwischen 20 und 30° das vierfach gewässerte in geraden rhombischen Prismen und bei der Siedhitze das dreifach gewässerte in Krystallrinden ab; beim Schmelzen des siebenfach gewässerten scheidet sich das zweifach gewässerte schwefelsaure Manganoxydul ab. **Arsensaures Manganoxydul** findet sich mit arsensaurem Kalk und Magnesia natürlich als **Berzelit** vor. **Kieselsaures Manganoxydul** findet als **rother**

Mangankiesel oder Rothbraunsteinerz ($3\,MnO, 2\,SiO_3$) in rosenrothen Stücken von 3,5 bis 3,6 spec. Gewicht, als schwarzer Mangankiesel ($2\,MnO, SiO_3, 3\,Aq.$) in eisenschwarzen, amorphen, weichen Stücken, mit kieselsaurer Alaunerde und Wasser im Karpholith und mit kieselsaurer Beryllerde und Schwefelmangan im Helvin vor. Borsaures Manganoxydul ist nicht in Wasser, aber in Magnesiasalzlösungen auflöslich, weßhalb magnesiahaltige Manganoxydullösungen nicht durch Borax gefällt werden.

Manganoxyd.

69,78 — 55,432 Mangan		89,82 — 79,432 Manganoxyd	
30,22 — 24,000 Sauerstoff		10,18 — 9,000 Wasser.	
100,00 — 79,432 Manganoxyd:		100,00 — 88,432 Manganoxydhydrat.	

Symb. und Aequiv. $Mn_2O_3 = 79,432$. Atom. MnO_3 (Mn_2O_3).

§. 500. Das Manganoxyd findet sich natürlich als Braunit in spitzen, braunschwarzen, halbmetallglänzenden Quadratoktaëdern von 4,82 spec. Gewicht; das künstliche ist ein schwarzes Pulver, welches beim Glühen oder bei der Einwirkung von Schwefelsäure in Oxydoxydul oder schwefelsaures Oxydul und Sauerstoff, durch Kochen mit Salpetersäure oder verdünnter Schwefelsäure in sich lösendes Oxydul und zurückbleibendes Superoxyd zerfällt und in Salzsäure unter Entwicklung von Chlor löslich ist; es bildet mit Wasser ein Hydrat, das natürlich als Manganit oder Glanzmangan in großen, stahlgrauen, geraden rhombischen Säulen von 4,328 spec. Gewicht vorkommt und künstlich bereitet ein dunkelbraunes, lockeres, aus feinen Schuppen bestehendes, abfärbendes Pulver darstellt.

Man erhält das Oxyd durch längeres Dunkelrothglühen des Superoxydes oder des salpetersauren Oxydulsalzes, sein Hydrat durch Aussetzen des Oxydulhydrates an die Luft.

§. 501. Das Manganoxyd bildet nur mit wenigen Säuren die Manganoxydsalze, Sales manganici, die colombinroth sind und sehr leicht zersetzt werden; es kann dagegen auch die Stelle einer Säure vertreten, weßhalb es mit stärkeren Basen und selbst mit Manganoxydul Verbindungen eingeht, die im Naturreich vorkommen.

Man erhält die wenigen Manganoxydsalze nur durch doppelte Affinität aus dem schwefelsauren Manganoxyd, welches sich beim Lösen des Superoxydes in kalter Schwefelsäure bildet und wie die schwefelsaure Alaunerde mit schwefelsauren Alkalien krystallisirbare Doppelsalze bildet z. B. der Kalimanganalaun ($KO, SO_3 + Mn_3O_3, 3\,SO_3 + 24\,Aq.$). Kieselsaures Manganoxyd findet sich natürlich als Heteroklin (Mn_2O_3, SiO_3) in schiefen rhombischen Säulen von eisenschwarzer Farbe und 4,652 spec. Gewicht.

Manganoxyd-Oxydul, Mangansuperoxydul.

72,2 — 83,148 Mangan	31,0 — 35,716 Manganoxydul
27,8 — 32,000 Sauerstoff	69,0 — 79,432 Manganoxyd
100,0 — 115,148 M.-Superoxydul:	100,0 — 115,148 M.-Oxyd-Oxydul.

Symb. und Aequiv. Mn_3O_4 oder $MnO, Mn_2O_3 = 115,148$.

§. 502. Das Manganoxydoxydul bildet sich bei der Einwirkung feuchter Luft auf Mangan oder beim Erhitzen desselben oder des Oxyduls an der Luft, auch bei der starken Erhitzung höherer Oxydationsstufen und findet sich natürlich als Hausmannit in braunschwarzen, halbmetallglänzenden, spitzen quadratischen Oktaëdern von 4,72 spec. Gewicht vor; das künstliche ist ein roth- oder zimmtbraunes, beim Erhitzen schwarzes Pulver, erleidet

ähnliche Zersetzungen wie das Oxyd und bildet mit Wasser ein braunes Hydrat.

Man erhält das Manganoxydoxydul durch Waschen und Trocknen des frisch gefällten kohlensauren Manganoxyduls oder durch Glühen des oxalsauren Oxydulsalzes an der Luft.

§. 503. Das Manganoxydoxydul löst sich bloß in heißer, sehr concentrirter Phosphorsäure und in kalter concentrirter Schwefelsäure mit colombinrother, in kalter concentrirter Salzsäure, Oxalsäure und Weinsteinsäure mit dunkelbrauner Farbe, ohne jedoch die Säuren vollständig zu neutralisiren. Die Lösungen, Manganoxydoxydulsalze, Sales manganoso-manganici, enthaltend, werden mit Ausnahme der phosphorsauren bei der Erhitzung und beim Zusatz von Wasser oder desoxydirenden Stoffen in Manganoxydulsalze mit stark vorherrschender Säure verwandelt.

Diese Lösungen enthalten vielleicht Manganoxydul- und Manganoxydsalze zugleich gelöst.

Mangansuperoxyd (vergl. Bd. 3, S. 261—263).

63,4	—	27,716	Mangan
36,6	—	16,000	Sauerstoff.
100,0	—	43,716	Mangansuperoxyd.

Symb. und Aequiv. $MnO_2 = 43,716$.

§. 504. Das Mangansuperoxyd findet sich natürlich als Pyrolusit, Graumanganerz, Weichmangan oder Braunstein in stahlgrauen bis eisenschwarzen, geraden rhombischen Säulen oder strahlig-krystallinischen Massen von 4,7 bis 4,94, unrein in den meisten Arten Wad vor; künstlich bereitet stellt es eine schwarze metallglänzende, harte und zusammenhaltende Masse dar. Es entläßt in der Glühhitze eine größere oder geringere Menge Sauerstoff, in Manganoxydoxydul oder Manganoxyd zurückgehend, giebt beim Glühen im Kohlentiegel Oxydul, beim Erhitzen mit Schwefel schwefelige Säure und oxydulhaltiges Schwefelmangan, löst sich in erhitzter Schwefelsäure unter Entwicklung von Sauerstoffgas als Oxydsalz, bei stärkerer Hitze als Oxydulsalz, in erhitzter Salzsäure unter Chlorentwicklung als Manganchlorür, in schwefeliger Säure unter Bildung von unterschwefelsaurem und schwefelsaurem Manganoxydul, und in salpetriger Säure unter Bildung von salpetersaurem Oxydulsalz und zerlegt sich beim Glühen mit Kalihydrat bei abgeschlossener Luft in Mangansäure und Manganoxyd; es bildet mit Wasser 4 Hydrate, nämlich auf 1 Aequiv. Superoxyd 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ Aequiv. Wasser enthaltend.

Man erhält das Superoxyd künstlich durch Kochen des Oxydoxyduls oder Oxydes mit Salpetersäure oder durch Erhitzen des salpetersauren Oxydulsalzes oder durch Erhitzen des kohlensauren Oxydulsalzes an der Luft bis 260° oder mit chlorsaurem Kali, oder bei der Einwirkung des galvanischen Stromes auf eine reine Manganoxydulsalzlösung an dem positiven Pol.

Mangansäure.

53,6	—	27,716	Mangan
46,4	—	24,000	Sauerstoff
100,0	—	51,716	Mangansäure.

Symb. und Aequiv. $MnO_3 = 51,716$.

§. 505. Die für sich unbekannte Säure entsteht beim Glühen des Mangans oder eines seiner Oxyde mit einem fixen Alkali unter Zutritt der

Luft oder bei Gegenwart von chlorsaurem oder salpetersaurem Alkali, auch durch Glühen des Superoxydes mit Aetzkali bei abgeschlossener Luft. Die mangansauren Salze, Manganates, von denen man nur das Kali-, Natron-, Baryt- und Strontiansalz kennt, sind dunkel blau-grün und verpuffen auf glühenden Kohlen; die Alkalisalze geben mit Wasser tiefgrüne Lösungen, die bei überschüssigem Alkali die Farbe behalten, bei Mangel desselben aber an der Luft durch Einwirkung der Kohlensäure unter Bildung von löslichem übermangansaurem Salz roth werden und Mangansuperoxyd abscheiden; noch schneller wird die rothe Färbung durch Säuren hervorgebracht; nur Salzsäure bedingt eine spätere braune Färbung und schwefelige Säure oder Schwefelwasserstoff entfärben die grüne Lösung durch Desoxydation.

Die erwähnten mangansauren Salze werden durch Glühen der Oxyde mit dem basischen Oxyd erhalten; über mangansaures Kali vergl. Bd. 3, S. 1161.

Uebermangansäure, Oxymangansäure.

49,75	—	55,432	Mangan
50,25	—	56,000	Sauerstoff
100,00	—	111,432	Uebermangansäure.

Symb. und Aequiv. $Mn_2O_7 = 111{,}432$. Atom. MnO_7 (Mn_2O_7).

§. 506. Die in der wässerigen Lösung nur bekannte Uebermangansäure bildet sich bei der Zersetzung der mangansauren Salze durch Säuren, bei der gleichzeitigen Einwirkung von Chlor und einem wässerigen Alkali auf Manganoxyde und bei der Digestion eines Manganoxydulsalzes mit Schwefelsäure und Bleisuperoxyd, und stellt eine schön gefärbte, bei auffallendem Lichte dunkelcarminrothe, bei durchfallendem dunkelviolette, süßlich, dann bitter und herbe schmeckende Flüssigkeit (die unter gewissen Umständen auch wasserhaltige, dunkelcarminrothe, feine Nadeln geben soll) dar, welche die Haut bräunt und Pflanzenfarben zerstört; die Lösung zersetzt sich durch Sonnenlicht oder Erwärmung auf 30°, oxydirt Wasserstoff, Kohlenstoff, Jod, Schwefel, Phosphor und die meisten Metalle, und zerstört, zum Theil unter Bildung von Ameisensäure, alle organischen Substanzen.

Man erhält die Uebermangansäure aus der rothen Lösung des übermangansauren Kalis durch Verdunsten zur Krystallisation, Lösen in Wasser, Fällen der Lösung mit salpetersaurem Silberoxyd, Zersetzung der übermangansauren Silberoxydes durch Barytwasser und des gebildeten Barytsalzes durch Schwefelsäure und Verdunsten des Filtrates bei niedriger Temperatur.

§. 507. Die Uebermangansäure bildet mit den basischen Oxyden die übermangansauren Salze, Supermanganates (Oxymanganates); diese sind krystallisirbar, dunkelroth oder braunschwarz, verpuffen mit brennbaren Körpern zum Theil schon beim Reiben, geben mit Schwefelsäure oder Phosphorsäure freie Säure und schwefelsaures oder phosphorsaures Salz und werden durch Salzsäure unter Chlorentwicklung zersetzt; sie sind zum Theil zerfließlich und lösen sich alle in Wasser mit intensiv rother Farbe, am schwierigsten lösen sich das Kali- und Silberoxydsalz; die wässerige Lösung wird auf ähnliche Weise wie die der freien Säure zersetzt.

Man erhält die übermangansauren Alkalien durch freiwillige Zersetzung der mangansauren Alkalien, die meisten übrigen Salze aber durch Sättigen der Säure mit dem Oxyd oder durch Zersetzung des Silbersalzes mit Chloriden.

Mangan und Salzzeuger.

Manganchlorür, chlorwasserstoffsaures Manganoxydul.

43,87	—	27,716 Mangan
56,13	—	35,463 Chlor
100,00	—	63,179 Manganchlorür.

Symb. und Aequiv. MnCl = 63,179. Atom. Mn€l ($MnCl_2$).

§. 508. Das Mangan verbrennt in Chlorgas zu Manganchlorür, das auch beim Leiten von kohlensaurem Gas über kohlensaures Manganoxydul oder beim Lösen der Manganoxyde in erhitzter Salzsäure, Verdunsten der Lösung und Erhitzung des Rückstandes bei Abschluß der Luft erhalten wird; es ist rosenroth, von krystallinisch-blättrigem Gefüge, in der Rothglühhitze schmelzbar, nicht unter dem Schmelzpunkt des Glases flüchtig und von nicht unangenehm salzigem Geschmack, löst sich in Wasser und Weingeist und krystallisirt aus ersterem in wasserhaltigen (MnCl, 4 Aq.), rosenrothen oder farblosen, vierseitigen Tafeln, welche bei gewöhnlicher Temperatur neben Schwefelsäure $^1/_2$, bei 100° $^3/_4$ des Wassers verlieren und beim weiteren Erhitzen an der Luft Salzsäure ausgeben und Manganoxydoxydul hinterlassen; die trockne Verbindung wird nicht in der Glühhitze durch Wasserstoffgas, wohl aber durch Phosphorwasserstoffgas und zum Theil durch Schwefel, rasch durch kalte concentrirte Schwefelsäure zersetzt; aus der wässerigen Lösung fällt Chlor oder unterchlorige Säure Mangansuperoxydhydrat.

Manganchlorid, Mn_2Cl_3, ist in der kalt bereiteten Lösung des Manganoxydes oder Manganoxydoxydules in Salzsäure enthalten; diese ist braun, wird langsam bei gewöhnlicher Temperatur, schnell beim Erhitzen unter Entwicklung von Chlor und Bildung von Manganchlorür entfärbt, wirkt auf Metalle lösend und oxydirt schwefelige Säure und Schwefelwasserstoff zu Schwefelsäure, Weinsteinsäure zu Kohlensäure.

Mangansuperchlorid, Mn_2O_7, bildet sich bei der Zersetzung des übermangansauren Kalis mit Kochsalz und Schwefelsäure, verdichtet sich bei — 20° zu einer bräunlich-grünen Flüssigkeit und bildet mit feuchter Luft einen dicken, rothen, aus Salzsäure und Uebermangansäure bestehenden Rauch.

Manganbromür, bromwasserstoffsaures Manganoxydul.

25,73	—	27,714 Mangan
74,27	—	80,000 Brom
100,00	—	107,714 Manganbromür.

Symb. und Aequiv. MnBr = 107,714. Atom. MnBr ($MnBr_2$).

§. 509. Erhitztes Manganpulver verbindet sich mit Bromdampf zu Manganbromür, das auch durch Lösen des kohlensauren Manganoxyduls in Bromwasserstoff, Verdunsten und Erhitzen des Rückstandes bei abgeschlossener Luft erhalten wird; es ist blaßrosenroth und an der Luft zerfließlich; aus der wässerigen Lösung krystallisiren wasserhaltige kleine Nadeln von stechendem Geschmack; sie schmelzen im Krystallwasser und hinterlassen bei abgehaltener Luft die wasserfreie Verbindung, welche beim Erhitzen an der Luft in Brombampf und Manganoxydoxydul zerfällt und mit Schwefelsäure Brom und Bromwasserstoff entwickelt.

Manganbromid und Superbromid sind unbekannt.

Manganiodür, iodwasserstoffsaures Manganoxydul.

17,93 — 27,714 Mangan
82,07 — 126,845 Jod
100,00 — 154,559 Manganiodür.

Symb. und Aequiv. Mn I = 154,559. Atom. Mn I ($Mn I_2$).

§. 510. Das durch Lösen des kohlensauren Manganoxyduls in Jodwasserstoff, Verdunsten und Erhitzen des Rückstandes bei abgehaltener Luft erhaltene Manganiodür stellt eine weiße krystallinische Masse von etwas styptischem Geschmack dar, welche bei Abschluß der Luft ohne Zersetzung schmelzbar ist, bei Luftzutritt dabei in Jod und Oxydoxydul zerfällt, an der Luft zerfließt, und sich leicht in Wasser zu einer farblosen Flüssigkeit löst, aus der beim Verdunsten wasserhaltige, weiße Nadeln krystallisiren; die Lösung wird langsam an der Luft, rasch und unter Abscheidung von Jod durch Chlor, Brom, Salpetersäure und Schwefelsäure zersetzt.

Manganiodid, $Mn_2 I_3$, ist in der kalt bereiteten Lösung von fein gepulvertem Braunstein in wässerigem Jodwasserstoff enthalten; die Lösung ist dunkelgelbroth und zerfällt beim Erwärmen rasch in Jod und Manganiodür.

Mangansuperiodid ist unbekannt.

Manganfluorür, fluorwasserstoffsaures Manganoxydul.

59,54 — 27,714 Mangan
40,46 — 18,834 Fluor
100,00 — 46,548 Manganfluorür.

Symb. und Aequiv. MnF = 46,548. Atom. MnF (MnF_2).

§. 511. Das Manganfluorür schlägt sich aus der Lösung des kohlensauren Manganoxyduls in Fluorwasserstoffsäure beim Verdunsten in blaßamethystrothen, kleinen, undeutlichen Krystallen oder als Pulver nieder, wird durch Glühhitze nicht zersetzt, löst sich nur bei Gegenwart von Säure in Wasser und bildet mit den Fluoralkalimetallen schwerlösliche Doppelsalze.

Manganfluorid, $Mn_2 F_3$, krystallisirt aus der kalt bereiteten Lösung des natürlichen Manganoxydhydrates in Fluorwasserstoffsäure beim freiwilligen Verdunsten in dunkelbraunen, mit rubinrother Farbe durchsichtigen Säulen, die in wenig Wasser ohne Zersetzung, in viel Wasser unter Abscheidung eines basischen Salzes löslich sind.

Mangansuperfluorid, $Mn_2 F_7$, durch Zersetzung des übermangansauren Kali mit Schwefelsäure und Flußspath erhalten, ist ein gelber Dampf, der sich mit feuchter Luft purpurroth färbt und in Berührung mit Glas in Fluorsilicium und Uebermangansäure zerfällt.

Mangan und Kieszeuger.

Schwefelmangan.

63,4 — 27,716 Mangan
36,6 — 16,000 Schwefel
100,0 — 43,716 Schwefelmangan.

§. 512. Das Schwefelmangan findet sich natürlich als Schwarzerz oder Manganglanz in eisenschwarzen Würfeln von 4,0 spec. Gewicht und bildet sich beim Erhitzen des reinen, kohlensauren oder schwefelsauren Manganoxyduls in Schwefelwasserstoffgas, beim Weißglühen des schwefelsauren Manganoxyduls mit Kohle oder (neben oxydulhaltigem Schwefelmangan) beim Erhitzen des Superoxydes oder des kohlensauren Oxydulsalzes mit Schwefel, als Hydrat bei der Zersetzung eines gelösten Manganoxydulsalzes durch Schwefelammonium; es ist ein dunkelgrünes Pulver oder eine

geschmolzene, löcherige, dunkel stahlgraue, halbmetallglänzende, auf dem Bruch körnig-krystallinische Masse, wird an der Luft braun, oxydirt sich beim Erhitzen in schwefelige Säure und Oxydoxydul, und beim Glühen in Wasserdampf unter Bildung von Schwefelwasserstoffgas und Freiwerden von Wasserstoffgas, verpufft in der Hitze mit Salpeter, und entwickelt in Berührung mit wässerigen Säuren, selbst mit verdünnter Salpetersäure oder Königswasser, sehr rasch Schwefelwasserstoff. Das frischgefällte Hydrat ist fleischroth, bräunt sich aber an der Luft, giebt nach dem Trocknen beim Glühen in einer Retorte Wasser und grünes Schwefelmangan, zersetzt mehrere Metallsalze unter Bildung neuer Schwefelmetalle und löst sich leicht und unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff in wässerigen Säuren.

Manganoxysulphuret (MnS, MnO) bildet sich beim Glühen des schwefelsauren Manganoxyduls in Wasserstoffgas und stellt ein, hellgrünes, luftbeständiges, beim Erhitzen Feuer fangendes Pulver dar, welches in der Glühhitze durch Schwefelwasserstoff in reines Schwefelmangan verwandelt wird und sich leicht in Säuren löst.

Selenmangan, MnSe, scheidet sich als Hydrat beim Vermischen einer Manganoxydulsalzlösung mit einer Selenalkalimetalllösung als ein blaßrother Niederschlag ab, der an der Luft dunkelroth wird.

Tellurmangan ist unbekannt.

Mangan und Erzzeuger.

Phosphormangan.

§. 513. Glühendes Mangan verbindet sich mit Phosphor zu einer weißen, metallglänzenden, spröden, auf dem Bruche körnigen Masse, die leichter als das Mangan schmilzt und luftbeständig ist; diese Verbindung wird auch durch Glühen des Mangans mit glasiger Phosphorsäure (mit oder ohne Zusatz von Kohle) erhalten. Eine feste Verbindung, wahrscheinlich MnP, erhält man beim Leiten von Phosphorwasserstoffgas über erhitztes Manganchlorür als eine schwarze, metallglänzende Masse, die beim Erhitzen vor dem Löthrohr kein Phosphorflämmchen zeigt und sich nicht in Salzsäure löst.

Arsenmangan, Mn_3As, findet sich natürlich in harten, grau-weißen, dem Pyrolusit gleichenden Krystallen von 5,55 spec. Gewicht, bedeckt sich an der Luft mit einem schwarzen Pulver, brennt vor dem Löthrohr mit blauer Flamme, schmilzt in der Hitze und verbindet sich dabei mit Platin, und ist in Salpetersäure und Königswasser unlöslich.

Antimonmangan ist unbekannt.

Verbindungen der Glaszeuger (Bor und Kiesel) mit Mangan existiren nicht.

Mangan und Metalle.

§. 514. Das Mangan verbindet sich mit mehreren Metallen, wie Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer und Gold, und macht dieselben weiß, spröde und strengflüssig. Manganamalgam wird aus Natriumamalgam und concentrirter Manganchlorürlösung als eine dickflüssige Masse von höckeriger, schwärzlicher Oberfläche erhalten, läuft an der Luft mit Stahlfarben an und hinterläßt endlich Manganoxydoxydul; unter Wasser entwickelt es für sich wenig, in Berührung mit Platin sehr stürmisch Wasserstoffgas.

20. Vom Eisen.

Symb. und Aequiv. Fe = 28,0. Atomeng. (H = 1,0) 56,0 oder (O = 100,0) 350,0. Spec. Gewicht = 7,84. Spec. Wärme = 0,11379.

(Vergl. Bd. 3, S. 48—50 und über passives Eisen d. Anm. zu diesem §.)

Eisen und Sauerstoff.

§. 515. Das Eisen verändert sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht

an der Luft (nur das durch Reduktion des Oxydes mit Wasserstoffgas bei möglichst niedriger Temperatur erhaltene feinpulverige Eisen entzündet sich an der Luft und verbrennt zu Oxyd), bedeckt sich aber bei Gegenwart von Wasser entweder mit einer rothen oder schwarzen Haut von wasserhaltigem Oxyd. Beim Erhitzen an der Luft läuft es mit verschiedenen Farben (gelb, roth, violett, dunkelblau und hellblau) an, die beim Rothglühen wieder verschwinden und durch einen schwarzen, spröden, leicht trennbaren Ueberzug (**Hammerschlag**) ersetzt werden, welcher sich nach der Entfernung in der Glühhitze wieder erneuert; in der Weißglühhitze verbrennt es an der Luft wie in reinem Sauerstoffgas mit Funkensprühen (das mittels Wasserstoffgas bei starker Hitze aus dem Oxyd reducirte Eisen entzündet sich schon unter der Gühhitze an der Luft). Reines Wasser wird von Eisen nicht zersetzt, wohl aber unter Mitwirkung von Luft oder in der Glühhitze; ferner bei Gegenwart von Säuren und selbst durch Kohlensäure kann die Zersetzung des Wassers durch Eisen bewirkt werden. Man kennt bis jetzt 3 verschiedene Oxydationsstufen des Eisens, nämlich das **Eisenoxydul**, FeO, das **Eisenoxyd**, Fe_2O_3 (beide bilden in verschiedenen Verhältnissen verbunden die **Eisenoxyd-oxydule**) und die **Eisensäure**, FeO_3.*)

Eisensuboxydul (Fe_4O, vielleicht $3Fe, FeO$) entsteht beim Verbrennen von Eisen im Knallgasgebläse als eine geschmolzene, etwas schmiedbare, in Splittern pulverisirbare Masse, die in Salzsäure unter Wasserstoffgasentwicklung zu Eisenchlorür löslich ist.

Eisenoxydul.

77,77	— 28,0	Eisen
22,23	— 8,0	Sauerstoff
100,00	— 36,0	Eisenoxydul.

Symb. und Aequiv. $FeO = 36{,}0$.

§. 516. Das Eisenoxydul, welches sich beim Lösen des Eisens in nicht oxydirend wirkenden wässerigen Säuren bildet, ist für sich nicht bekannt (die Präparate, die als solches beschrieben werden, enthalten immer zugleich Oxyd); es bildet mit Wasser ein Hydrat, welches im frisch gefällten Zustand weiß ist, beim Erhitzen in Wasser sein Hydratwasser verliert und schwarz wird, und nach dem unter Abschluß der Luft stattgefundenen Trocknen eine grünliche, bröckliche, leicht zerreibliche Masse darstellt; es ist nicht magnetisch, verwandelt sich an der Luft unter Wärmeentwicklung, die oft bis zum Erglühen steigt, in Eisenoxyd, absorbirt mit Heftigkeit und unter Wärmeentwicklung Kohlensäure und löst sich in wässerigen Säuren unter starker Wärmeentwicklung.

Ein ziemlich oxydfreies Eisenoxydul wird beim Leiten von Wasserdämpfen

*) Das Eisen wird als ein stark positives Metall von den Säuren und insbesondere von Salpetersäure sehr leicht oxydirt, kann aber unter gewissen Bedingungen diese Eigenschaft auf kürzere oder längere Zeit verlieren und stark elektronegativ werden. Reines Schmiedeeisen wird nicht durch Salpetersäure von 1,30 bis 1,35 spec. Gewicht oxydirt und gelöst: 1) wenn das Eisen an dem einen Ende einige Zeit in die Flamme gehalten und dadurch oberflächlich oxydirt worden ist, 2) durch ein- oder zweimaliges Eintauchen in concentrirte Salpetersäure, ohne diese mit Wasser wieder abzuspülen, 3) durch Berührung mit salpetriger Säure, 4) durch einen Ueberzug von Bleisuperoxyd, 5) wenn der Eisendraht mit einem Platindraht fest umwickelt und letzterer zuerst in die Säure getaucht wird, und 6) wenn ein Eisendraht kurze Zeit mit dem positiven Pole der elektrischen Säule in Berührung gelassen wird. Solches Eisen wird **passives Eisen** genannt und es schlägt dann auch nicht Kupfer, Silber und andere Metalle nieder und hat demnach den Charakter eines edlen Metalles erhalten.

über glühendes Eisen als eine schwarze, metallglänzende, spröde und magnetische Masse, das Hydrat durch Fällung eines reinen Eisenoxydulsalzes mit ausgekochter Kalilauge, Waschen des Niederschlages mit ausgekochtem Wasser und Trocknen bei Abschluß der Luft erhalten.

§. 517. Das Eisenoxydul bildet mit den Säuren die Eisenoxydulsalze, Sales ferrosi, welche im wasserfreien Zustand gewöhnlich weiß, im wasserhaltigen blaß grünlich-blau sind, sich meist in Wasser, die nicht darin löslichen in Salzsäure lösen und dann einen herben tintenartigen Geschmack besitzen, beim Glühen die Säure verlieren, wenn diese flüchtig ist und entweder Eisenoxyd (bei Säuren, die sich dabei wie z. B. Schwefelsäure, oder Salpetersäure in schwefelige Säure oder Stickstoffoxyd und Sauerstoff zersetzen) oder Eisenoxyduloxyd (wenn die Säure, wie z. B. Kohlensäure fester gebunden ist) oder metallisches Eisen (wie bei den Salzen mit organischen Säuren) hinterlassen. Die Eisenoxydulsalze oxydiren sich leicht höher, viele schon beim Zutritt der Luft, und entziehen den Sauerstoff verschiedenen Verbindungen desselben, wie dem Wasser bei Gegenwart von Chlor, der erhitzten Salpetersäure, der unterchlorigen Säure und den in Säuren gelösten Oxyden des Goldes, Silbers und Palladiums, welche dadurch metallisch gefällt werden. Die wässerige Lösung der Eisenoxydulsalze setzt im Kreise einer starken Volta'schen Säule an dem durch einen Platindraht führenden negativen Pol metallisches Eisen in kleinen Körnern ab, läßt nur im ganz neutralen Zustand (aus der salzsauren oder schwefelsauren Lösung) durch Zink metallisches Eisen fallen, absorbirt unter dunkler Färbung viel Stickstoffoxydgas und wird nur dann durch Schwefelwasserstoff theilweise schwarz gefällt, wenn sie eine schwächere Säure (wie Kohlensäure, Oxalsäure, Weinsteinsäure, Benzoësäure und Essigsäure) enthält; alle Lösungen der Eisenoxydulsalze werden durch Schwefelalkalimetalle schwarz als Schwefeleisen, durch reine und kohlensaure Alkalien weiß als Hydrate oder kohlensaures Eisenoxydul (welches sich in Ammoniak theilweise, in Salmiak gänzlich löst und daraus an der Luft als Eisenoxydhydrat abscheidet), von phosphorsaurem Natron, Cyankalium und Kaliumeisencyanür weiß, an der Luft blau werdend, von Kaliumeisencyanid blau, von arsensaurem Natron weiß, an der Luft schmutzig-grün werdend, durch oxalsaure Alkalien gelb und durch Gallustinktur nach längerer Einwirkung der Luft blauschwarz gefällt. Vor dem Löthrohr geben die Eisenoxydulsalze mit Borax oder Phosphorsalz in der inneren Flamme eine grüne, in der äußeren eine braunrothe, beim Erkalten farblos werdende Perle und beim Schmelzen mit Soda ein graues magnetisches Metallpulver.

Man erhält die Eisenoxydulsalze gewöhnlich durch Lösen des Metalles in der wässerigen Säure, seltner durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Eisenoxydulsalze vergl. Bd. 3, S. 1246—1254. Kieselsaures Eisenoxydul findet sich natürlich rein als Fayalit ($3FeO, SiO$) und Chlorophäit ($3FeO, 2SiO_3$), mit Wasser im Sideroschilolith ($6FeO, SiO_3, 2Aq.$), mit andern Silicaten im Knebelit ($3FeO, SiO_3 + 3MnO, SiO_3$), Krokydolith ($3[NaO, MgO], 4SiO_3 + 3[3FeO, 2SiO] + \times Aq.$), Isopyr ($2[CaO, FeO], SiO_3 + Al_2O_3 2SiO_3$), Stilpnomelan ($2[3FeO, 2SiO_3] + Al_2O_3, 2SiO_3), + 6Aq.$) und Karpholit ($3[MnO, FeO], SiO + 3[Al_2O_3, SiO_3] + 6Aq.$), mit Chloreisen im Pyrosmalith ($Fe_2Cl_3 + Fe_2O_3, 6HO + 4[3FeO, 2SiO_3 + 3MnO, 2SiO_3]$).

Eisenoxyd (vergl. Bd. 3, S. 214—217).

70,0 — 56,0 Eisen
30,0 — 24,0 Sauerstoff
100,0 — 80,0 Eisenoxyd.

Symb. und Aequiv. Fe_2O_3 = 80,0. Atom. FeO_3 (Fe_2O_3).

§. 518. Das Eisenoxyd bildet sich beim längeren Glühen des Eisens oder seiner niedrigern Oxydationsstufen an der Luft und beim Lösen des Eisens in erhitzter Salpetersäure und findet sich natürlich als Eisenglanz in stahlgrauen, bei dünnen Blättchen mit rother Farbe durchscheinenden, spitzen Rhomboëdern von 5,251 spec. Gewicht, als Rotheisenstein in braunrothen Massen von faserigem Gefüge und als Martit in regelmäßigen Oktaëdern vor, läßt sich auch künstlich in kleinen Rhomboëdern darstellen und bildet mit Wasser mehrere Hydrate; das erste Hydrat (Fe_2O_3, Aq.) findet sich natürlich im Nadeleisenstein von Oberkirchen und Orenburgischen Brauneisenstein (sog. Hagelkörner), mit anderen Stoffen im Göthit von Eisenfeld, Lepidokrokit vom Westerwalde und in dem in Afterkrystallen des Schwefelkieses vorkommenden Brauneisenstein aus Sachsen; das zweite Hydrat (Fe_2O_3, 2 Aq.) wird durch Ammoniak aus der Eisenchloridlösung abgeschieden und findet sich im Brauneisenstein von Raschau; das dritte Hydrat ($2Fe_2O_3$, 3 Aq.) bildet sich bei der längeren Einwirkung von Luft und Wasser auf Eisen und findet sich mit etwas Kieselerde in den meisten Brauneisensteinsorten.

Ueber Darstellung, Eigenschaften u. s. w. des Eisenoxydes und seines Hydrates vergl. a. a. O. Krystallisirtes Eisenoxyd wird durch Calciniren von schwefelsaurem Eisenoxyd mit Kochsalz erhalten.

§. 519. Das Eisenoxyd hat eine geringe Affinität zu den Säuren und löst sich im krystallisirten oder geglühten Zustand nur schwierig, als Hydrat leicht in Säuren; die Eisenoxydsalze, Sales ferrici, sind im wasserfreien Zustand meist schmutzig weiß, wasserhaltig oder im Ueberschuß mit Basis gewöhnlich braun oder braungelb, einige krystallisirbar und mehrere in Wasser löslich, wo sie dann einen tintenartigen, sehr schrumpfenden Geschmack besitzen. Im normalen Zustand enthalten sie auf 1 Aequiv. Basis ($FeO_{1,5}$) $1\frac{1}{2}$ Aequiv. oder auf Fe_2O_3 3 Aequiv. Säure, welche sie, wenn sie flüchtiger Natur sind, beim Glühen verlieren. Die Eisenoxydsalze werden bei der theilweisen Entziehung von Säure durch Alkali dunkler rothbraun und lassen dann beim Kochen Eisenoxydhydrat oder ein basisches Salz fallen, werden durch Kochen mit viel Wasser in schwer- oder unlösliche basische und leichtlösliche sehr saure Salze und durch phosphorige Säure, schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff (wenn sie stärkere Säuren enthalten), Eisen und mehrere Metalle, sowie auch durch Zinnchlorür in Oxydulsalze verwandelt. Die Eisenoxydsalzlösungen werden gefällt durch reine Alkalien in gelbbraunen, etwas alkalihaltigen, im Ueberschuß unlöslichen Flocken als Oxydhydrat, durch einfach- und doppelt-kohlensaure Alkalien in hellbraunen, etwas kohlensäurehaltigen und bei großer Concentration im Ueberschuß des kohlensauren Alkalis löslichen Flocken als Eisenoxydhydrat (Gegenwart von nicht flüchtigen in Wasser löslichen organischen Stoffen verhindert die Fällung durch Alkali), durch kohlensauren Kalk, Strontian, Baryt, Magnesia, Manganoxydul, Zinkoxyd und Kupferoxyd schon in der Kälte vollständig mit Rücklassung des etwa vorhandenen Oxyduls, durch phosphorsaures Natron als weißes, mit Ammoniak sich bräunendes und bei Ueberschuß des Fällungsmittels in Ammoniak mit bräunlicher Farbe lösliches phosphorsaures Eisenoxyd,

durch arsensaures Natron als weißes arsensaures Eisenoxyd, durch bernsteinsaure Alkalien als braunrothes bernsteinsaures, durch benzoësaure Alkalien als braunes oder fleischfarbenes benzoësaures Eisenoxyd, durch essigsaure oder ameisensaure Alkalien in der Siedhitze als basisches, beim Erkalten zum Theil oder ganz sich wieder lösendes Salz und durch Kaliumeisencyanür als blaues Eisencyanürcyanid; gefärbt werden die Eisenoxydsalzlösungen durch Kaliumeisencyanid braunroth, durch Galläpfeltinktur blauschwarz (nach einiger Zeit mit gleicher Farbe gefällt), durch Mekonsäure und Indigsäure und deren lösliche Salze lebhaft roth, durch Oxalsäure gelb (am Licht unter Abscheidung von oxalsaurem Eisenoxydul und Entwicklung von Kohlensäure) und durch Schwefelcyankalium blutroth. Schwefelwasserstoff schlägt aus den Eisenoxydsalzen mit schwächeren Säuren unter theilweiser Oxydulsalzbildung schwarzes Anderthalb-Schwefeleisen nieder, welches sich auch bildet, wenn die Eisenlösung in überschüssiges Schwefelalkalimetall gegossen wird, während beim Vermischen von Schwefelalkalimetall mit überschüssiger Eisensalzlösung ein schwarzes Gemenge von Einfach-Schwefeleisen und Schwefel abgeschieden wird (auch Schwefelmangan, Schwefelkobalt und Schwefelnickel schlagen als Hydrate aus saurer Eisenoxydlösung Anderthalb-Schwefeleisen nieder). Vor dem Löthrohr verhalten sich die Eisenoxydsalze gegen Borax, Phosphorsalz und Soda wie die Eisenoxydulsalze.

Man erhält die Eisenoxydsalze durch Lösen des Oxydes oder seines Hydrates in Säure, beim Auflösen des Eisens in einer mit Salpetersäure vermischten Säure, durch Aussetzen der Oxydul- oder Oxydoxydulsalze an die Luft oder bei der Einwirkung von Salpetersäure, Chlor u. s. w. auf dieselben, viele auch durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Eisenoxydsalze vergl. Bd. 3, S. 1246—1254. **Kieselsaures Eisenoxyd** findet sich als **Anthosiderit** (Fe_2O_3, $3 SiO_3$), **Nontronit** (Fe_2O_3, $2 SiO_3$, 6 Aq.), **Hisingerit** oder **Traulith** (Fe_2O_3, SiO_3, 3 Aq.), mit anderen Silicaten als **Bol** (2 [Al_2O_3, Fe_2O_3], $3 SiO_3$, 9 Aq.), **Eisensteinmark** (2 [Al_2O_3, Fe_2O_3], SiO_3, 6 Aq.), **Plinthit** (Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_3, 3 Aq.), **Gelberde** (Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_3, 2 Aq.), **Rhodalith** (Al_2O_3, Fe_2O_3, $4 SiO_3$, 9 Aq.), **Wehrlit** (3 [CaO, FeO], SiO_3 + 3 [Fe_2O_3, SiO_3]), **Lievrit** (3 [3 FeO, 3 CaO, 3 MnO, SiO_3] + 2 Fe_2O_3, SiO_3), **Pinguit** (FeO, SiO_3, + 2 Fe_2O_3, 3 SiO_3 + 15 Aq.), **Lepidomelan** (3 [FeO, KO], SiO_3 + 3 [Al_2O_3, Fe_2O_3], SiO_3), **Hisingerit** von Riddarhyttan (FeO, SiO_3 + Fe_2O_3, SiO_3 + 6 Aq.), **Achmit** (NaO, SiO_3 + Fe_2O_3, 2 SiO_3) u. s. w.

Eisenoxydoxydul.

§. 520. Das Eisenoxydul oxydirt sich sowohl als solches, wie auch in dem mit Säuren verbundenen Zustand höher, so daß intermediäre Oxydationsstufen entstehen, die sich zum Theil als Verbindungen des Eisenoxyduls mit Eisenoxyd betrachten lassen, in welchen letzteres die Rolle einer Säure spielt. Der beim Glühen des Eisens sich bildende sog. **Hammerschlag** ist Fe_8O_9 (oder 6 FeO, Fe_2O_3) in der inneren, schwarzgrauen, porösen, retractorischen Schicht von 5,48 spec. Gewicht, während das beim raschen Verbrennen des Eisens in der Gebläseluft oder beim Glühen des Eisens oder Hammerschlages in Wasserdampf sich bildende Oxyd Fe_3O_4 (oder FeO, Fe_2O_3) und von 5,4 spec. Gewicht ist, in der Natur als **Magneteisenstein** zum Theil in eisenschwarzen Oktaëdern, zum Theil in derben Massen von 5,094 spec. Gewicht vorkommt und auch durch Glühen von Eisenchlorür mit kohlensaurem Natron gebildet wird. Das

Eisenoxydoxydul bildet auch verschiedene Hydrate; ein schmutzig grünes entsteht beim kurzen Aussetzen des weißen Eisenoxydulhydrates an die Luft oder durch Fällung einer schwach oxydhaltigen Eisenoxydullösung mit ätzendem Alkali und geht an der Luft schnell in rostbraunes Eisenoxydhydrat über; ein schwarzes Hydrat wird aus der salzsauren Lösung des Magneteisens durch ätzendes Alkali abgeschieden und stellt nach dem Trocknen braunschwarze, spröde, sehr magnetische Stücke von muschligem Bruch dar, enthält 7% Wasser (Fe_3O_4, Aq.) und löst sich in Salzsäure mit gelber Farbe.

Das Ferrum oxydulatum der Pharmakopöen (vergl. Bd. 3, S. 210—214) ist nach seiner Bereitungsweise auf trocknem oder nassem Wege entweder eine wasserfreie Verbindung von Eisenoxydul und Oxyd oder ein Hydrat dieser Verbindung.

§. 521. Das Eisenoxydoxydul bildet mit den Säuren die Eisenoxydoxydulsalze, Sales ferroso-ferrici, die meist grün, zum Theil aber auch bräunlich oder gelb sind, je nachdem sie weniger oder mehr oxydhaltig sind; sie schmecken eisenhaft, werden durch oxydirende Mittel in Oxydsalze, durch desoxydirende Sustanzen in Oxydulsalze verwandelt und zeichnen sich dadurch aus, daß ihre Lösungen durch Alkalien grün, schwarz oder braunschwarz gefällt werden; gegen Kaliumeisencyanid verhalten sie sich wie die Oxydulsalze, gegen Kaliumeisencyanür, Galläpfeltinktur, Mekonsäure und Schwefelcyankalium wie die Oxydsalze.

Diese Salze lassen sich als bloße Gemische von Oxydul- und Oxydsalzen betrachten; sie entstehen durch partielle Oxydation der Oxydul- und partielle Desoxydation der Oxydsalze, sowie beim Lösen eines Eisenoxydoxyduls in Säure.

Eisensäure.

53,85	—	28,0	Eisen
46,15	—	24,0	Sauerstoff
100,00	—	52,0	Eisensäure.

Symb. und Aequiv. $FeO_3 = 52,0$.

§. 522. Die Eisensäure ist für sich unbekannt; sie entsteht an Basis gebunden beim Glühen des Eisens oder Eisenoxydes mit Salpeter oder Kaliumsuperoxyd oder (bei Zutritt der Luft) Kalihydrat und bei der Einwirkung des Chlors auf in concentrirter Kalilauge vertheiltes Eisenoxyd. Sie bildet mit mehreren Basen die eisensauren Salze, Ferrates, von denen das Kalisalz nur in der wässerigen Lösung bekannt ist; diese ist roth gefärbt, zersetzt sich bei stärkerer Verdünnung, beim Erhitzen und bei Zusatz von Säuren unter Entwicklung von Sauerstoffgas, sehr schnell durch Ammoniaksalze und organische leicht oxydirbare Körper unter Abscheidung von Eisenoxyd, und giebt bei der Vermischung mit Erdalkalisalze rothe unlösliche Salze.

Stickstoffeisen bildet sich beim Leiten von Ammoniak über glühendes Eisen, ist weiß, spröde, selbst zerreiblich, von geringerem spec. Gewicht und magnetisch, verändert sich leichter in Luft und Wasser und entwickelt durch Säuren neben Wasserstoffgas auch Stickstoffgas.

Eisen und Kohlenstoff.

§. 523. Das Eisen verbindet sich sehr innig mit Kohlenstoff und ist im schmelzenden Zustand gleichsam ein Lösungsmittel des letzteren, indem es dabei eine beträchtliche Menge desselben aufnimmt und beim langsamen Erkalten den Ueberschuß des Kohlenstoffes in graphitähnlichen Massen wieder ausscheidet. Das aus den Eisenerzen mittels Kohle u. s. w. (vergl. Bd. 3, S. 48) gewonnene Roheisen ist ein Kohlenstoffeisen, das

beim langsamen Erkalten fast allen Kohlenstoff als Graphit ausscheidet und dann das sog. graue Roheisen, welches ein Gemenge von reinem Eisen und Graphit ist, darstellt; ist hingegen die Abkühlung rasch bewerkstelligt worden, so bleibt aller Kohlenstoff mit dem Eisen chemisch verbunden und es bildet sich das weiße Roheisen, krystallisirte Kohleneisen oder Spiegeleisen, welches bis 7% Kohlenstoff enthalten kann und sich dann als Fe_3C, bei 5% als Fe_4C betrachten läßt. Das graue Roheisen ist spröder, härter und leichtflüssiger als das Stabeisen, von 7,25 spec. Gewicht, rostet nicht leicht, wird in der Glühhitze nicht vom Schwefel angegriffen und läßt beim Lösen in Säuren den Kohlenstoff als Graphit zurück; das weiße Roheisen ist spröde und äußerst hart, von 7,6 spec. Gewicht und löst sich in Salzsäure vollständig. Das gewöhnliche Roheisen löst sich in verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure mit Rücklassung einer schwarzen, äußerst porösen, leicht entzündlichen, moderartigen Masse und unter Entwicklung von Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoffgas und einem zu ölartigen Tropfen sich verdichtenden Dampf. — Ein in der Mitte zwischen dem Roheisen und Stabeisen stehendes Kohlenstoffeisen ist der Stahl, welcher sich beim Frischen mancher Eisensorten, namentlich der manganhaltigen, ohne weitern Zusatz bildet und dann Rohstahl, Frischstahl oder natürlicher Stahl genannt, gewöhnlich aber auf die Weise bereitet wird, daß man Stabeisen in dünnen Stangen mit Kohlenpulver einige Tage so stark glüht, daß das Eisen nicht in Fluß kommt, auf welche Weise man den Cementstahl oder Brennstahl erhält; wird dieser mit 1/30 Kohle und 1/20 Glaspulver eingeschmolzen, so giebt dieses den Gußstahl. Eisen wird auch in Stahl verwandelt, wenn man es in einem Strom von ölbildendem Gas und dann noch einige Zeit für sich glüht, und geschmeidiges Eisen läßt sich im Kleinen rasch in Stahl umändern, wenn man es in sehr dünnen Platten ins Glühen bringt, Pulver von Kaliumeisencyanür darauf streut, wiederum glüht, hämmert und durch Ablöschen härtet. Der Stahl unterscheidet sich von dem Eisen durch seine weißere Farbe, die größere Härte und Elasticität; sein spec. Gewicht liegt zwischen 7,79 und 7,90; er wird weniger leicht magnetisch als das Eisen, hält aber den Magnetismus länger zurück, schmilzt schwieriger als Gußeisen und etwas leichter als Stabeisen, und rostet nicht so leicht als dieses.

Ob die schwarzen, pyrophorischen Pulver, welche man beim Glühen des Kaliumeisencyanürs ($2KC_2N$, FeC_2N) neben Cyankalium oder des Berlinerblaus erhält, Verbindungen (FeC_2 und Fe_2C_3) oder bloße Gemenge sind, ist unentschieden.

Eisen und Salzzeuger.

Eisenchlorür, chlorwasserstoffsaures Eisenoxydul (vergl. Bd. 3, S. 315—317).

44,1	— 28,000	Eisen
55,9	— 35,463	Chlor
100,0	— 63,463	Eisenchlorür.

Symb. und Aequiv. $FeCl = 63{,}463$. Atom. Fe€l ($FeCl_2$).

§. 524. Das wasserfreie Eisenchlorür bildet sich beim Leiten von trocknem Salzsäuregas über glühende Eisenfeile oder beim Erhitzen von Eisenfeile und Salmiak; es wird beim Glühen mit Sauerstoffgas oder mit chlorsaurem Kali in Eisenoxyd und Chlorgas, beim mäßigen Erhitzen an der Luft in Eisenchlorid und Eisenoxyd, beim Glühen mit Wasserdampf unter Freiwerden von Wasserstoffgas in Salzsäure und Eisenoxydoxydul und schon bei

gewöhnlicher Temperatur durch Phosphorwasserstoffgas in Salzsäure und Phosphoreisen und durch Schwefelsäure in Salzsäure und schwefelsaures Eisenoxydul zersetzt.

Ueber Darstellung, Eigenschaften u. s. w. des Eisenchlorürs und seine Verbindung mit Wasser vergl. a. a. O.

Eisenchlorid, chlorwasserstoffsaures Eisenoxyd (vergl. Bd. 3, S. 317—325).

34,48	—	56,000	Eisen
65,52	—	106,389	Chlor
100,00	—	162,389	Eisenchlorid.

Symb. und Aequiv. $Fe_2Cl_3 = 162{,}389$. Atom. $FeCl_3$ (Fe_2Cl_6).

§. 525. Erhitzter Eisendraht verbrennt in Chlorgas mit rothem Glühen zu Eisenchlorid, welches sich auch beim Erhitzen des Chlorürs in Chlorgas oder, unter gleichzeitiger Bildung von Eisenoxyd, an der Luft bildet und durch Sublimation von calcinirtem Eisenvitriol mit Chlorcalcium erhalten werden kann. Es verhält sich gegen Sauerstoffgas, Wasserdampf und Schwefelsäure wie das Chlorür, nur daß sich immer Oxyd bildet. Mit Wasser krystallisirt es in morgenrothen Tafeln (Fe_2Cl_3, 5 Aq.) und pomeranzengelben, halbkugelförmigen Warzen (Fe_2Cl_3, 12 Aq.). Die wässerige Lösung giebt bei der Sättigung mit frisch gefälltem Eisenoxydhydrat eine dunkelrothe Flüssigkeit, die sich nicht beim Verdünnen, Kochen oder Eindampfen trübt, aber bei Zusatz einiger Tropfen Salpetersäure das meiste Oxyd als basisches Salz fallen läßt und mit Kaliumeisencyanür einen dunkel blaugrünen Niederschlag giebt. Beim Vermischen der Eisenchloridlösung mit nicht hinreichendem Alkali oder bei der Einwirkung der Luft auf Chlorürlösung schlägt sich ein unlösliches Eisenoxychlorür nieder, das beim Erhitzen Wasser, Chlorid und Oxyd giebt.

Ueber Darstellung des Eisenchlorides u. s. w. vergl. a. a. O.

Eisenbromür, bromwasserstoffsaures Eisenoxydul.

25,92	—	28,0	Eisen
74,08	—	80,0	Brom
100,00	—	108,0	Eisenbromür.

Symb. und Aequiv. $FeBr = 108{,}0$. Atom. $FeBr$ ($FeBr_2$).

§. 526. Schwachglühender Eisendraht entzündet sich in Bromdampf und verwandelt sich in Eisenbromür, das auch beim Leiten von Bromwasserstoff über erhitzte Eisenfeile entsteht, gelblich und auf dem Bruche krystallinisch ist und beim Glühen an der Luft in Eisenbromid und Oxyd zerfällt; aus seiner wässerigen Lösung krystallisirt es beim Verdampfen in wasserhaltigen ($FeBr$, 6 Aq.) rhombischen Tafeln.

Man erhält die wässerige Lösung durch Lösen des Eisens in Brom und Wasser oder in wässerigem Bromwasserstoff, die trockne Verbindung durch Erhitzen des eingedampften Rückstandes beim Abschluß der Luft.

Eisenbromid, bromwasserstoffsaures Eisenoxyd.

18,92	—	56,0	Eisen
81,08	—	240,0	Brom
100,00	—	296,0	Eisenbromid.

Symb. und Aequiv. $Fe_2Br_3 = 296{,}0$. Atom. $FeBr_3$ (Fe_2Br_6).

§. 527. Beim Erhitzen des Eisens oder Eisenbromürs in Bromdampf bildet sich Eisenbromid in dunkelrothen, sehr zerfließlichen Krystallen; es schmilzt in der Hitze und verflüchtigt sich zum Theil in musivgoldähnlichen Blättchen, zerfällt aber zum Theil in Brom und Bromür. Die wässerige

Lösung, die auch durch Lösen des Eisenoxydhydrates in Bromwasserstoff erhalten wird, ist sehr dunkel gelbbraun gefärbt und schmeckt stark eisenhaft.

Eisenoxybromid scheidet sich beim Verdunsten der Eisenbromidlösung oder bei der Fällung derselben mit einer ungenügenden Menge Alkali oder bei der Einwirkung der Luft auf Eisenbromürlösung in braunrothen Flocken ab und entwickelt in der Hitze Bromid unter Abscheidung von Oxyd.

Eiseniodür, iodwasserstoffsaures Eisenoxydul (vergl. Bd. 3, S. 359 und 360).

18,08	—	28,000	Eisen
81,92	—	126,845	Jod
100,00	—	154,845	Eiseniodür.

Symb. und Aequiv. $FeI = 154{,}845$. Atom. $Fe\bar{I}$ (FeI_2).

§. 528. Eisen und Jod verbinden sich leicht und unter Wärmeentwicklung zu Eiseniodür, welches eine braune, schmelzbare, bei höherer Temperatur flüchtige Masse darstellt; es löst sich leicht in Wasser und krystallisirt hieraus in dunkel grünbraunen rhombischen Tafeln ($FeI, 5Aq.$), welche beim Erhitzen Wasser und Jod ausgeben und Eisenoxyd hinterlassen.

Eiseniodid, Fe_2I_3, wie das Eisenchlorid darzustellen, ist diesem sehr ähnlich.

Eisenfluorür, fluorwasserstoffsaures Eisenoxydul.

59,78	—	28,000	Eisen
40,22	—	18,834	Fluor.
100,00	—	46,834	Eisenfluorür.

Symb. und Aequiv. $FeF = 46{,}834$. Atom. $Fe\bar{F}$ (FeF_2).

§. 529. Das Eisen löst sich in Fluorwasserstoffsäure unter Entwicklung von Wasserstoffgas und aus der Lösung krystallisirt beim Verdunsten wasserhaltiges Eisenfluorür in weißen, rectangulären Tafeln; es wird an der Luft gelb, giebt beim gelinden Erhitzen Wasser und trocknes Eisenfluorür, welches sich beim Glühen an der Luft nicht verändert, und löst sich schwierig in Wasser; es bildet mit Fluoralkalimetallen in Wasser schwierig lösliche Verbindungen.

Eisenfluorid, Fe_2F_3, durch Lösen des Eisenoxydhydrates in Fluorwasserstoffsäure erhalten, schießt beim Verdunsten in blaß-fleischrothen Krystallen an, die süß und herb schmecken und sich schwierig aber vollständig in Wasser lösen; bildet mit Fluormetallen schwer- oder unlösliche Verbindungen. Eisenoxyfluorid scheidet sich aus der Lösung beim Vermischen mit überschüssigem Ammoniak als rostgelbes Pulver ab.

Eisen und Kieszeuger.

Schwefeleisen.

§. 530. Das Eisen bildet mit dem Schwefel 7 Verbindungen von denen mehrere natürlich vorkommen.

Achtel-Schwefeleisen, Fe_8S, entsteht beim Leiten von Wasserstoffgas über glühendes halb-schwefelsaures Eisenoxyd, ist pulverig, schwarzgrau, auf dem Strich metallisch-grau und in Säuren unter Entwicklung von 7 Raumtheilen Wasserstoffgas auf 1 Raumtheil Schwefelwasserstoffgas löslich.

Halb-Schwefeleisen, Fe_2S, bildet sich beim Leiten von Wasserstoffgas über glühendes schwefelsaures Eisenoxydul, ist zusammengebacken pulverig, dunkelgrau, sehr retractorisch und in Säuren unter Entwicklung gleicher Raumtheile Wasserstoffgas und Schwefelwasserstoffgas löslich; wird

in der Glühhitze durch übergeleitetes Schwefelwasserstoffgas in Siebenachtel-Schwefeleisen ($Fe_7 S_8$) verwandelt.

Einfach-Schwefeleisen, Eisensulphür (vergl. Bd. 3, S. 382).

63,64 —	28,0	Eisen
36,36 —	16,0	Schwefel
100,00 —	44,0	Eisensulphür.

Symb. und Aequiv. $Fe S = 44,0$.

Der erhitzte Eisendraht verbrennt in Schwefeldampf mit lebhaftem Feuer zu Eisensulphür; dieses bildet sich auch beim Glühen des trocknen schwefelsauren Eisenoxyduls in einem Kohlentiegel u. s. w.; es ist gelb, metallglänzend, von gelblichem Pulver und retractorisch (das durch Glühen von Schwefelkies oder Magnetkies in einem Raum von Wasserstoffgas erhaltene pulverige Eisensulphür ist nicht magnetisch); es ist bei Abschluß der Luft in der Weißglühhitze beständig, wird aber beim gelinden Erhitzen an der Luft in schwefelsaures Eisenoxydul, beim stärkeren Erhitzen in schwefelige Säure und Eisenoxyd und durch Glühen in Wasserdampf unter Freiwerden von Wasserstoff in Schwefelwasserstoff und eine schwarze, zum Theil magnetische Masse verwandelt, löst sich unter Abscheidung von Schwefel und Bildung von Eisenoxyd, Schwefelsäure und Stickstoffoxyd in Salpetersäure und unter Entwicklung von reinem Schwefelwasserstoffgas in verdünnter Schwefelsäure und Salzsäure, giebt im erwärmten Zustand mit Chlor Eisenchlorid und Chlorschwefel und läßt sich mit kohlensaurem Alkali bei schwacher Glühhitze zusammenschmelzen. Das Eisensulphür bildet mit Wasser ein Hydrat, welches aus Eisenoxydullösungen durch Schwefelalkalimetalle in schwarzen Flocken niedergeschlagen wird, sich etwas in Wasser, sehr stürmisch in verdünnten Säuren auflöst, an der Luft rasch und unter Wärmeentwicklung, die sich bei großen Massen bis zur Entzündung steigert, oxydirt wird und aus den Salzen des Cadmiums, Bleis, Kupfers und Silbers neue Schwefelmetalle niederschlägt (bildet sich auch bei der Verfaulung organischer Stoffe in Berührung mit eisenoxydhaltiger Erde und findet sich deßhalb in dem Schlamm der Gossen, Abtritte, Sümpfe u. s. w., deren schwarze Farbe bedingend).

Achtsiebentel-Schwefeleisen, $Fe_7 S_8$ (vielleicht richtiger $Fe S_2$, $6 Fe S$ oder $5 Fe S$, $2 Fe_2 S_3$) findet sich natürlich als Magnetkies oder Leberkies in metallglänzenden, gelben bis rothen, magnetischen, sechsseitigen Säulen von 4,5 bis 4,7 spec. Gewicht und bildet sich beim Glühen von Eisen oder Hammerschlag mit überschüssigem Schwefel, beim Glühen des Schwefelkies und beim Erhitzen des Achtel- oder Halb-Schwefeleisens in Schwefelwasserstoffgas als eine bräunlich-speisgelbe, magnetische Masse; wird durch Glühen in Wasserstoffgas in Einfach-Schwefeleisen und beim Rösten an der Luft in Eisenoxyd verwandelt und giebt auch an kochende Kalilauge etwas Schwefel ab.

Anderthalb-Schwefeleisen, Eisensupersulphür.

53,85 —	56,0	Eisen
46,15 —	48,0	Schwefel.
100,00 —	104,0	Eisensupersulphür.

Symb. und Aequiv. $Fe_2 S_3 = 104,0$. Atom. $\overline{Fe} S_3$ ($Fe_2 S_3$).

Das Anderthalb-Schwefeleisen findet sich häufig in der Natur, aber immer mit anderen Schwefelmetallen verbunden; es bildet sich beim sehr schwachen Rothglühen eines Gemenges von Einfach-Schwefeleisen und Schwefel oder beim Erhitzen von Eisenoxyd in Schwefelwasserstoffgas, ist

gelbgrau, unter dem Polirstahl mehr glänzend, nicht magnetisch, an trockner Luft beständig, an feuchter sich oxydirend, verliert in der Hitze Schwefel und verwandelt sich in Achtsiebentel-Schwefeleisen und löst sich in verdünnter Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas und Rücklassung von Doppelt-Schwefeleisen; es bildet mit Wasser ein Hydrat, das durch Eintröpfeln einer Eisenoxydsalzlösung in überschüssige Schwefelalkalimetalllösung als ein schwarzer, an der Luft sich schnell oxydirender Niederschlag erhalten wird.

Doppelt-Schwefeleisen, Eisensulphid.

46,67	— 28,0	Eisen
53,33	— 32,0	Schwefel.
100,00	— 60,0	Eisensulphid.

Symb. und Aequiv. $FeS_2 = 60,0$.

Das Doppelt-Schwefeleisen findet sich natürlich als Schwefelkies oder Eisenkies in speisgelben, am Stahl Funken gebenden Würfeln von 4,9 bis 5,1 spec. Gewicht und als Speerkies, Strahlkies oder Wasserkies in grünlich-gelbgrauen, geraden rhombischen Säulen von 4,6 bis 4,8 spec. Gewicht; es bildet sich beim Erhitzen von reinem oder wasserhaltigem Eisenoxyd, reinem oder kohlensaurem Eisenoxydul in Schwefelwasserstoffgas bis zu 100°, beim Erhitzen der niederen Schwefelungsstufen in Schwefelwasserstoffgas oder des Einfach-Schwefeleisens mit Schwefel in einer Retorte und in kleinen Würfeln und Oktaëdern beim Erhitzen eines Gemenges von Eisenoxyd, Schwefel und Salmiak bei der zur Verdampfung des letzteren nöthigen Temperatur. Es giebt beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen Schwefel und Achtsiebentel-, bei heftigem Glühen Einfach-Schwefeleisen, beim Erhitzen an der Luft schwefelige Säure und schwefelsaures Oxydul- oder, bei stärkerer Erhitzung, Oxydsalz, beim Glühen mit Kohle Schwefelkohlenstoff, beim Erhitzen mit Phosphorwasserstoffgas Phosphoreisen und Schwefelwasserstoffgas, und wird durch Salpetersäure in Eisenoxyd, Schwefelsäure und Schwefel zersetzt. (Gewöhnlich ist der Schwefelkies und gut krystallisirte Strahlkies auch an feuchter Luft beständig, aber mancher goldhaltige Schwefelkies überdeckt sich mit Eisenoxydhydrat und vieler Strahlkies mit ausgewittertem schwefelsaurem Eisenoxydul.)

Eisensupersulphid, Dreifach-Schwefeleisen, FeS_3, bildet sich mit Schwefelkalium verbunden bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas auf eisensaures Kali; stellt eine schwarze, im verdünnten Zustand dunkelgrüne Flüssigkeit, die beim Erhitzen braun, beim Erkalten aber wieder dunkelgrün wird, dar.

Seleneisen.

§. 531. Erhitzte Eisenfeile verbindet sich mit darüber geleitetem Selendampf unter beträchtlicher Feuerentwicklung zu einer gelblich-grauen, metallglänzenden, harten, spröden, auf dem Bruche körnigen, in der Hitze für sich nicht schmelzenden, nur zusammenbackenden Masse, die vor dem Löthrohr unter Entwicklung von Selenoxyd in selenigsaures Eisenoxydul verwandelt wird und sich in Salzsäure unter Entwicklung von Selenwasserstoff und einer anderen, nicht von Wasser und wässerigen Alkalien absorbirbaren Gasart löst. Beim Erhitzen mit mehr Selen bildet sich ein bräunliches, nicht in Salzsäure lösliches Pulver, das in der Rothglühhitze überschüssiges Selen entläßt.

Tellureisen, $FeTe$, bildet sich durch Erhitzung des tellurigsauren Eisenoxyduls in Wasserstoffgas und löst sich in Salzsäure unter Entwicklung von Tellurwasserstoffgas.

Eisen und Erzzeuger.

Phosphoreisen.

§. 532. Eisen verbindet sich in der Hitze mit Phosphor zu einer weißen, auf dem Bruche streifigen und körnigen, harten und spröden, politurfähigen, leicht schmelzenden und beim Erkalten zuweilen in Säulen krystallisirenden Masse, Fe_4P, die sich beim Schmelzen vor dem Löthrohr mit phosphorsaurem Eisen bedeckt, nur langsam den Phosphor entläßt und sich nicht in kalter Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure und Königswasser und auch in der Hitze in beiden letzteren nur langsam löst; bildet sich auch beim Schmelzen von Eisenfeile und Phosphorglas (mit oder ohne Kohle) oder beim Glühen des phosphorsauren Eisens mit Kohle und ist deßhalb ein Bestandtheil mancher Eisensorten, namentlich des sog. kaltbrüchigen Eisens. Wird Schwefelkies mit Phosphorwasserstoffgas gelinde erhitzt, so bildet sich ein anderes Phosphoreisen, Fe_3P_2, welches pulverig ist, beim Erhitzen vor dem Löthrohr ein Phosphorflämmchen giebt und sich nicht in Salzsäure, wohl aber in Salpetersäure und Königswasser löst.

Arseneisen, $FeAs$, findet sich theils isolirt als weicher Giftkies, theils mit Doppelt-Schwefeleisen verbunden als Arsenikkies in silberweißen bis stahlgrauen, rhombischen Säulen von 7,22 spec. Gewicht. Fe_2As bildet sich beim Erhitzen von Eisenfeile mit der doppelten Menge Arsen in verschlossenen Gefäßen bis zur Entfernung des überschüssigen Arsens; es ist weiß, sehr spröde und leicht pulverisirbar.

Antimoneisen entsteht leicht durch Zusammenschmelzen beider Metalle; wird 1 Aequiv. Schwefelantimon mit mehr als 3 Aequiv. Eisen geschmolzen, so bildet sich neben Schwefeleisen auch Antimoneisen (Regulus Antimonii martialis, vergl. Bd. 3, S. 65), welches hart, sehr spröde und nur wenig magnetisch ist; ein Gemische aus 1 Th. Eisen und 2 Th. Antimon sprüht beim Feilen Funken.

Eisen und Glaszeuger.

§. 533. Boreisen scheint nicht eristiren zu können. Kieseleisen bildet sich bei der Einwirkung von Kohle und Kieselerde auf stark erhitztes Eisen und ist deßhalb ein Bestandtheil des Roheisens; ein kieselreiches Eisen erhält man durch Weißglühen von Eisenfeile mit Fluorkieselkalium und Behandeln der erkalteten Masse mit heißem Wasser; es orydirt sich langsam an feuchter Luft zu einem rostgelben Ocker und löst sich in Säuren unter Orydation des Kiesels. Kohlenstoff-Kieseleisen bildet sich beim heftigen Weißglühen eines Gemenges von Kieselerde, Eisen und Kienruß; es ist zinnweiß bis stahlfarben und von 6,8 bis 7,3 spec. Gewicht, und löst sich in Säuren mit Rücklassung einer schwarzen Substanz, die beim Glühen an der Luft weiß wird.

Fluorboreisen ist unbekannt. Fluorkieseleisen ($3FeF, 2SiF_3$) scheidet sich aus der Lösung des Eisens in Kieselfluorwasserstoffsäure beim Verdampfen in blaß blau-grünen, regelmäßig sechsseitigen Säulen ab und ist leicht in Wasser löslich. Anderthalb-Fluorkieseleisen, durch Lösen des Eisenorydhydrates in Kohlenfluorwasserstoffsäure und Verdampfen erhalten, ist fleischroth, halbdurchsichtig, gummiähnlich und in Wasser löslich.

Eisen und Metalle.

§. 534. Eisen verbindet sich mit mehreren Metallen; Eisenkalium, bei der Zersetzung des Kalihydrates durch Eisen in der Weißglühhitze als eine sehr weiße, dehnbare, weiche, leichter als Eisen schmelzende, an

der Luft sich oxydirende und mit Wasser und wässerigen Säuren aufbrausende Masse. Eisenmagnesium, beim Erhitzen der mit Oel befeuchteten Magnesia mit Eisen vor dem Knallgasgebläse als eine metallglänzende, spröde Verbindung zu erhalten; ferner mit Alumium (vgl. §. 464), mit Beryllium (vgl. §. 472), mit Cerium (vergl. §. 489), mit Mangan, wodurch es weißer und spröder wird und bei 22% Mangangehalt den Magnetismus verliert ꝛc.; das Eisenamalgam, durch Zersetzung des Natriumamalgams mit gesättigter Eisenvitriollösung darzustellen, ist silberglänzend und dickflüssig, folgt in einzelnen Kugeln dem Magnet, bedeckt sich an der Luft mit Eisenoxyd und verbrennt beim Erhitzen an der Luft in leuchtenden Sternchen.

21. Vom Nickel.

Symb. und Aequiv. Ni = 29,622. Atomengew. (H = 1,0) 59,245 oder (O=100,0) 369,675. Spec. Gewicht=8,28 bis 8,93. Spec. Wärme = 0,10863.

§. 535. Das Nickel ist silberweiß, stark glänzend, hart, in der Kälte und Hitze geschmeidig und dehnbar, strengflüssig, ein wenig schweißbar, stark magnetisch (verliert aber den Magnetismus nach mehrmaligem Glühen) und nicht flüchtig.

Das Nickel wurde 1751 von Cronstedt im Kupfernickel entdeckt; kommt nur im Meteoreisen in geringer Menge gediegen vor, findet sich aber ziemlich häufig mit anderen Stoffen verbunden, selten mit Sauerstoff als Oxydul oder als Nickelsuperoxydhydrat, als arsensaures und kieselsaures Nickeloxydul, häufig mit Schwefel, Arsen und Metallen, wie im Haarkies, Nickelglanz, Nickelspießglanzerz, Eisennickelkies, Nickelwismuthglanz, Plakodin, Kupfernickel, Arseniknickel, Antimonnickel u. s. w. Man erhält es durch Reduktion des reinen oder kohlensauren Nickeloxyduls, für sich oder mit Oel zu einem steifen Teig angemacht, in einem verschlossenen Kohlentiegel unter einer Glasdecke bei Gebläsefeuer, im Porcellanofen oder vor dem Knallgasgebläse, durch Ueberleiten von Wasserstoffgas über glühendes Oxydul, oder durch Glühen des reinen oder ammoniakhaltigen oxalsauren Nickeloxyduls unter einer Decke von Glaspulver.

Nickel und Sauerstoff.

§. 536. Das Nickel ist bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft und im Wasser unveränderlich; bei höherer Temperatur läuft es an der Luft wie Stahl an und bedeckt sich in der Glühhitze mit einer grünlichgrauen Decke; in der Weißglühhitze verbrennt es unter Funkensprühen zu Nickeloxydul, NiO; durch Wasserdampf wird es nur in der Glühhitze oxydirt. Es löst sich langsam unter Entwicklung von Wasserstoffgas in verdünnter Salzsäure, Schwefelsäure oder Phosphorsäure, unter Bildung von schwefeliger Säure oder Salpetergas in erhitzter Schwefelsäure oder Salpetersäure und wird auch in der Glühhitze durch Salpeter oxydirt. Eine höhere Oxydationsstufe, das Nickelsuperoxyd, Ni_2O_3, bildet sich bei der Einwirkung von Sauerstoff auf gelinde glühendes Oxydul oder bei der Zersetzung des salpetersauren Nickeloxyduls in der Hitze.

Nickelsuboxydul, Ni_2O?; beim längeren Glühen des Nickels an der Luft bildet sich eine braune, spröde Masse, die als ein Suboxydul betrachtet werden kann, aber jedenfalls ein Gemenge von Metall und Oxydul ist, da sie dem Magnet folgt. Bucholz wollte durch Zersetzung des sublimirten Chlornickels mit Aetzkali oder durch Kochen des Oxydes mit Ammoniak ebenfalls eine niedere Oxydationsstufe erhalten haben, was jedoch auf Täuschung beruhte.

Nickeloxydul (sonst Nickeloxyd).

78,74 — 29,622 Nickel		80,72 — 37,622 Nickeloxydul	
21,26 — 8,000 Sauerstoff		19,28 — 9,000 Wasser.	
100,00 — 37,622 Nickeloxydul:		100,00 — 46,622 Nickeloxydulhydrat.	

Symb. und Aequiv. $NiO = 37{,}622$, und $NiO, Aq. = 46{,}622$.

§. 537. Das Nickeloxydul stellt hell olivengrüne kleine Krystalle oder ein grünlich-graues oder olivengrünes Pulver dar, ist nicht magnetisch, wird durch Glühen mit Wasserstoffgas, Kohle und Kohlenoxydgas und durch Erhitzen mit den Alkalimetallen reducirt, durch Erhitzen mit Schwefel in Schwefelnickel verwandelt und bildet mit Wasser das Nickeloxydulhydrat, welches frisch gefällt apfelgrüne, voluminöse Flocken darstellt, die nicht beim Erhitzen in Wasser das Hydratwasser verlieren.

Man erhält das Nickeloxydul krystallinisch durch Erhitzen des Metalles in Wasserdampf, amorph durch Fällung eines Nickelsalzes mit Alkali und Erhitzen des getrockneten Niederschlages. Aus der sog. Kobaltspeise oder dem Kupfernickel wird das Nickeloxydul am besten auf die Weise gewonnen, daß man 1 Th. desselben mit 2 Th. Salpeter und 1 Th. kohlensaurem Kali zusammenschmilzt, eine Zeitlang stark rothglüht und die erkaltete Masse mit Wasser auslaugt, welches arsensaures Kali auflöst und Nickeloxydul hinterläßt. Von einem Rückhalt an Kobalt befreit man es durch Lösen des Hydrates in Ammoniak und Fällung mit Aetzkali, wobei das Kobaltoxyd gelöst bleibt.

§. 538. Das Nickeloxydul hat eine beträchtliche Affinität zu den Säuren und bildet mit ihnen die Nickeloxydulsalze, Sales nicolosi; diese sind im wasserfreien Zustand meist gelb oder fahl-gelb, im wasserhaltigen smaragd- oder apfelgrün, röthen im löslichen Zustand schwach Lakmus, schmecken süßlich-herb, hintennach metallisch und wirken brechenerregend; sie verlieren in der Hitze die Säure, wenn diese flüchtig oder zersetzbar ist. Die Lösungen der Nickeloxydsalze werden durch überschüssiges Zinkpulver in der Siedhitze schwarz metallisch, durch ätzende Alkalien apfelgrün als Hydrat und nur in Ammoniak mit lasurblauer Farbe löslich, durch kohlensaure Alkalien und (in der Siedhitze) alkalische Erden blaßgrün als kohlensaures Nickeloxydul und nur in kohlensaurem Ammoniak mit grünblauer Farbe löslich, durch phosphorsaures Natron grünweiß, durch schwefeligsaures Kali in der Siedhitze zum Theil als basisches Salz, durch Oxalsäure, Blausäure und Kaliumeisencyanür grünweiß, durch Kaliumeisencyanid gelbgrün, einige durch Galläpfeltinktur braungelb, flockig und nur im sehr neutralen Zustand etwas durch Schwefelwasserstoff, vollständig aber durch Schwefelalkalimetalle als schwarzes Schwefelnickel gefällt. Vor dem Löthrohr geben sie mit Borax und Phosphorsalz gelbrothe Perlen und mit Soda ein graues magnetisches Metallpulver. Das Nickeloxydul bildet auch mit den Salzen des Ammoniaks, Kalis und Natrons Doppelsalze.

Man erhält die Nickeloxydulsalze durch Lösen des Metalles oder Superoxydes in stärkeren oder des reinen, gewässerten oder kohlensauren Oxyduls in schwächeren Säuren, einige auch durch doppelte Affinität. Salpetersaures Nickeloxydul krystallisirt mit Wasser (NiO, NO_5 6 Aq.) in smaragdgrünen, achtseitigen Säulen, ist in Wasser und Weingeist löslich und wird in der Hitze erst in basisches Salz und dann in Superoxyd verwandelt. Kohlensaures Nickeloxydul wird aus Nickelsalzlösungen durch kohlensaure Alkalien als eine apfelgrüne basische, wasserhaltige Verbindung niedergeschlagen, die sich in

kohlensaurem Ammoniak löst. Schwefelsaures Nickeloxydul krystallisirt mit Wasser ($NiO, SO_3, 7\ Aq.$) in quadratischen und in rhombischen Formen, verwittert an der Luft, entläßt das siebente Aequiv. Wasser erst über dem Siedpunkt desselben und löst sich in Wasser, nicht in Weingeist; wird durch gelindes Erhitzen in ein basisches Salz verwandelt. Arsenigsaures Nickeloxydul ist apfelgrün, nicht in Wasser, leicht in Ammoniak löslich. Arsensaures Nickeloxydul findet sich mit Wasser ($3\ NiO, AsO_5, 8\ Aq.$) als Nickelocker oder Nickelblüthe in derben, erdigen, zerreiblichen, apfelgrünen und grünweißen Massen vor. Borsaures Nickeloxydul ist nicht in Wasser, aber in Säuren löslich und zu einem hyacinthfarbigen Glase schmelzbar. Kieselsaures Nickeloxydul findet sich natürlich als Pimelit vor.

§. 539. Das Nickeloxydul verbindet sich mit den Alkalien, alkalischen Erden, Erden und mehreren schweren Metalloxyden; diese Verbindungen die sich als nickelsaure Salze, Nicolates, betrachten lassen, entstehen bei der Zersetzung des Nickeloxydulammoniaks durch fixe, reine und erdige Alkalien oder durch Uebersättigen der sauren Auflösungen des Nickeloxyduls und Magnesia, Alaunerde, Eisenoxydul, Eisenoxyd oder Bleioxyd mit Ammoniak; die entstehenden Niederschläge entlassen nicht alles Nickeloxydul an das Ammoniak.

Nickeloxydul-Ammoniak bildet eine veilchenblaue, bei überschüssigem Nickeloxydul eine lasurblaue Flüssigkeit, welche beim Erhitzen körnig-krystallinisches Oxydhydrat fallen läßt und sich an der Luft zersetzt.

Nickelsuperoxyd.

71,17 — 59,244 Nickel		75,5 — 83,244 Nickelsuperoxyd	
28,83 — 24,000 Sauerstoff		24,5 — 27,000 Wasser	
100,00 — 83,244 Nickelsuperoxyd:		100,0 — 110,244 Nickelsuperoxydhydr.	

Symb. und Aequiv. $Ni_2O_3 = 83{,}244$ und $Ni_2O_3, 3\ Aq. = 110{,}244$.

§. 540. Das Nickelsuperoxyd findet sich natürlich als Nickelschwärze und stellt ein schwarzes Pulver von 4,846 spec. Gewicht dar, wird in der Glühhitze oder durch Schwefelsäure und Salpetersäure unter Entwicklung von Sauerstoffgas, durch Salzsäure unter Entwicklung von Chlor und durch Ammoniak unter Entwicklung von Stickstoff zersetzt und bildet mit Wasser ein Hydrat, das eine schwarze, auf dem muscheligen Bruche glänzende Masse darstellt, beim Glühen Wasser und Sauerstoff ausgiebt, sich in allen Säuren rasch löst und mit wässeriger Oxalsäure in Kohlensäure und oxalsaures Nickeloxydul zerfällt.

Das Superoxyd bildet sich beim Erhitzen des salpetersauren oder (an der Luft) des kohlensauren Nickeloxyduls, sein Hydrat bei der Einwirkung von Chlorgas oder einem unterchlorigsauren Salz auf in Wasser vertheiltes Nickeloxydhydrat oder kohlensaures Nickeloxydul.

Stickstoffnickel (?) bildet sich bei der Einwirkung eines starken elektrischen Stromes durch eine Salmiaklösung an dem negativen Platindraht, wenn der positive Strom durch einen Nickeldraht geht; es ist schmierig.

Kohlenstoff-Nickel bildet sich bei der Reduktion des Oxyduls mit Kohle, als eine spröde, messinggelbe, aber noch magnetische Verbindung beim Schmelzen des Nickels auf Kohle vor dem Knallgasgebläse, und beim Erhitzen des Cyannickels.

Nickel und Salzzeuger.

Chlornickel, chlorwasserstoffsaures Nickeloxydul.

45,51	—	29,622	Nickel
54,49	—	35,463	Chlor
100,00	—	65,085	Chlornickel.

Symb. und Aequiv. NiCl = 65,085. Atom. Ni€l ($NiCl_2$).

§. 541. Erhitztes Nickelpulver verbindet sich mit Chlorgas unter starker Feuerentwicklung zu Chlornickel, welches zarte, talkartig anzufühlende, blaß- und goldgelbe, glänzende, überhaupt dem Musivgold sehr ähnliche Krystallschuppen darstellt, im verschlossenen Raum ohne Zersetzung flüchtig ist, dabei nicht schmilzt, an der Luft hellgrün wird und sich langsam, aber vollständig in Wasser löst, woraus es beim Verdunsten in wasserhaltigen (NiCl, 9Aq.), grasgrünen, kurzen, vierseitigen Säulen oder Körnern krystallisirt. Die wasserfreie Verbindung zerfällt beim Glühen an der Luft, beim Erhitzen in Wasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas und Phosphordämpfen, und wird nur nach längerem Kochen mit Kalilauge völlig in Nickeloxydulhydrat verwandelt; die wässerige Lösung giebt mit unterchloriger Säure Chlor und Nickelsuperoxyd und läßt beim Vermischen mit unzureichendem Alkali Nickeloxychlorür als eine in Wasser schwer lösliche, Lakmus bläuende Verbindung fallen.

Die Lösung des Nickels in Königswasser oder seines Oxydulhydrates in Salzsäure giebt beim Verdunsten und Erhitzen im luftleeren Raum ein Sublimat von Chlornickel, das an der Luft erst citronengelb und dann grün wird, und sich in Wasser unter starker Wärmeentwicklung löst.

Bromnickel, bromwasserstoffsaures Nickeloxydul.

27,02	—	29,622	Nickel
72,98	—	80,000	Brom
100,00	—	109,622	Bromnickel.

Symb. und Aequiv. NiBr = 109,622. Atom. NiBr ($NiBr_2$).

§. 542. Dunkelrothglühende Nickelfeile verbindet sich mit Bromdampf zu bräunlichem, bei stärkerem Erhitzen dem Musivgold ähnlichem Bromnickel, das bei heftigem Rothglühen zum Theil in gelben, glimmerähnlichen Schuppen sublimirt, an der Luft zerfließt, im sublimirten Zustand sich schwierig in Wasser löst und hieraus beim Verdunsten in wasserhaltigen (NiCl, 3Aq.), schmutzig-weißen, sehr zerfließlichen Nadeln krystallisirt; die wasserfreie Verbindung wird durch Erhitzen an der Luft oder mit Salpetersäure zersetzt und löst sich in Weingeist, Aether, Ammoniak und Salzsäure.

Nickel löst sich auch bei der Digestion mit Brom und Wasser zu Bromnickel auf.

Jodnickel, jodwasserstoffsaures Nickeloxydul.

18,93	—	29,622	Nickel
81,07	—	126,845	Jod
100,00	—	156,467	Jodnickel.

Symb. und Aequiv. NiI = 156,467. Atom. NiI (NiI_2).

§. 543. Erhitztes höchst feinzertheiltes Nickel verbindet sich mit Jod zu einem eisenschwarzen blättrigen Gemenge von Jodnickel und Nickel, woraus sich beim starken Glühen die reine Verbindung in stark glänzenden, eisenschwarzen, dem Eisenglimmer ähnlichen, fettig anzufühlenden Blättern sublimirt; es zieht aus der Luft Feuchtigkeit an und bildet mit wenig Wasser eine rothbraune Lösung (die auch durch Lösen des Nickeloxydulhydrates in Jodwasserstoff erhalten wird), aus der beim Verdunsten wasserhaltige (NiI, 6Aq.),

blaugrüne, sehr zerfließliche Säulen krystallisiren. Ein Nickeloxyjodür (NiI, 9 NiO, 15 Aq.) bildet sich bei der Digestion des Nickeloxydulhydrates oder kohlensauren Nickeloxyduls mit Jodnickellösung oder beim Zusammenreiben von Nickeloxydulhydrat mit weingeistiger Jodlösung, ist rothbraun, pulverig und wird in der Hitze durch Salpetersäure, Kalilauge und Weingeist zersetzt.

Fluornickel, NiF, wird durch Lösen des Oxydulhydrates in Fluorwasserstoffsäure und Verdunsten als eine blaßgrüne Krystallrinde erhalten, die beim Kochen mit viel Wasser in eine saure Verbindung und Nickeloxyfluorür (2 [NiO, NiF], Aq.) zerfällt, welches unlöslich und ebenfalls blaßgrün ist.

Nickel und Kieszeuger.

Schwefelnickel.

§. 544. Das Nickel verbindet sich mit Schwefel beim Erhitzen unter starker Feuerentwicklung zu Nickelsulphür; außerdem kann es sich in zwei andern Verhältnissen mit dem Schwefel vereinigen.

Nickelsubsulphür oder Halb-Schwefelnickel, Ni_2S, bildet sich bei der Einwirkung von Wasserstoffgas auf glühendes schwefelsaures Nickeloxydul oder beim Weißglühen desselben mit Kohle, ist blaßgelb, metallisch, halbgeschmolzen, spröde und ziemlich magnetisch, und löst sich in Salpetersäure mit Rücklassung von Schwefel und nur in concentrirter, nicht in verdünnter Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff.

Nickelsulphür oder Einfach-Schwefelnickel, NiS, findet sich natürlich als Haarkies in messinggelben, regelmäßig sechsseitigen Säulen von 5,65 spec. Gewicht und bildet sich beim Erhitzen des Nickels oder Nickeloxyduls mit Schwefel und beim Leiten von Schwefelwasserstoffgas über glühendes Nickeloxydul, ist eine geschmolzene, speisgelbe, spröde, auf dem Bruche unebene Masse, nicht magnetisch, wird durch Glühen an der Luft oder mit Phosphorwasserstoffgas vollständig, nur wenig durch Glühen in Wasserdampf, gar nicht in Wasserstoffgas zersetzt und löst sich in Salpetersäure und Königswasser unter theilweiser Abscheidung des Schwefels. Es bildet mit Wasser ein Hydrat, das bei der Zersetzung der neutralen Nickeloxydulsalze mit Schwefelwasserstoff oder mit einem Schwefelalkalimetall entsteht, ein grünlich-braunes Pulver darstellt, in der Hitze Wasser entwickelt, im feuchten Zustand sich leicht oxydirt, schwierig in Salzsäure und Essigsäure, auch in Ammoniak und Schwefelalkalimetallen löslich ist, und aus den Lösungen des Cadmiums, Bleis, Eisenoxydes, Kupfers und Silbers neue Schwefelmetalle niederschlägt.

Nickelsulphid oder Doppelt-Schwefelnickel, NiS_2, wird durch starkes Glühen des kohlensauren Nickeloxyduls mit Schwefel und kohlensaurem Kali nach dem Auslaugen als ein dunkel eisengraues, zart anzufühlendes Pulver erhalten und zerfällt leicht durch Chlor in Chlorschwefel und Chlornickel.

Selennickel und Tellurnickel sind unbekannt.

Nickel und Erzzeuger.

Phosphornickel.

§. 545. Glühendes Nickel verbindet sich mit dampfförmigem oder festem Phosphor zu Phosphornickel (Ni_6P?), welches auch durch Glühen von Nickelfeile mit Phosphorglas und Kohle erhalten wird und eine silberweiße, spröde, ziemlich leichtflüssige, nicht magnetische Masse von nadelförmigem oder blättrigem Gefüge darstellt, die beim Erhitzen an der Luft verbrennt. Ein anderes Phosphornickel, Ni_3P, erhält man durch Erhitzen des drittelphosphorsauren Nickeloxyduls in Wasserstoffgas oder des Chlornickels in

Phosphorwasserstoffgas als eine schwarze, leicht in Salpetersäure, nicht in Salzsäure lösliche Masse.

Arsennickel findet sich in verschiedenen Verbindungsverhältnissen natürlich vor; Viertel-Arsennickel, Ni_4As, findet sich als Plakodin in speisgelben Krystallen von 7,988 bis 8,062 spec. Gewicht vor und wird durch Erhitzen von Nickelfeile mit der doppelten Menge Arsen oder durch Weißglühen des arsensauren Nickeloxyduls im Kohlentiegel als eine grauweiße, spröde, feinkörnige, nicht magnetische Metallmasse erhalten; Drittel-Arsennickel, Ni_3As, findet sich zuweilen in der Kobaltspeise der Blaufarbenwerke in stark glänzenden, hell tombakfarbenen, nicht magnetischen, quadratischen Oktaëdern krystallisirt; Halb-Arsennickel, Ni_2As, findet sich als sog. Kupfernickel in licht-kupferrothen, nicht magnetischen, doppelt sechsseitigen Pyramiden von 7,5 bis 7,65 spec. Gewicht natürlich; Einfach-Arsennickel, $NiAs$, findet sich als sog. Arseniknickel oder Weißnickelkies in zinnweißen, spröden, oktaëdrischen oder dodekaëdrischen Würfeln von 6,735 spec. Gewicht, und mit Doppelt-Schwefelnickel als Nickelglanz oder Nickelarsenglanz ($NiAs, NiS_2$) in zinnweißen bis bleigrauen, oktaëdrischen Krystallen von 6,0 bis 6,9 spec. Gewicht.

Antimonnickel, Ni_2Sb, findet sich als Antimonnickelerz in hell-kupferrothen, nicht magnetischen, doppelt-sechsseitigen Pyramiden oder sechsseitigen Tafeln von 7,541 spec. Gewicht. Beim Zusammenschmelzen von Nickel mit etwas mehr als der doppelten Menge Antimon wird unter Feuerentwicklung eine gleiche Verbindung erhalten. Einfach-Antimonnickel, $NiSb$, findet sich mit Zweifach-Schwefelnickel als Nickelspießglanzerz oder Nickelantimonglanz ($NiSb, NiS_2$) in blei- bis stahlgrauen, regelmäßigen Oktaëdern von 6,45 spec. Gewicht vor, in denen zuweilen ein Theil des Antimons durch Arsen vertreten wird.

Verbindungen des Bors und Kiesels mit Nickel sind unbekannt; ein wasserhaltiges Fluorkieselnickel ($3NiF, 2SiF_3, 21 Aq.$) wird durch Verdampfen der Lösung des kohlensauren Nickeloxyduls in Kieselfluorwasserstoffsäure in grünen, leicht in Wasser löslichen Rhomboëdern und sechsseitigen Säulen erhalten.

Nickel und Metalle.

§. 546. Das Nickel vereinigt sich mit einigen Metallen ziemlich leicht und zum Theil (wie mit Zink) unter Lichtentwicklung. Nickeleisen findet sich als $NiFe_3$, $NiFe_6$ und $NiFe_{10}$ im Meteoreisen und läßt sich leicht durch Zusammenschmelzen bilden, eine dehnbare, magnetische Legirung bildend. Nickelamalgam entsteht bei der Zersetzung des Natrium- oder Zinkamalgams durch Chlornickellösung, im ersten Fall als eine weniger dickflüssige Masse als Quecksilber, die nicht magnetisch ist, im letzteren Fall als eine feste, magnetische Verbindung, die sich an der Luft mit Nickeloxydul bedeckt und bei der Destillation aschgraues, schwammiges Nickel hinterläßt.

22. Vom Kobalt.

Symb. und Aequiv. $Co = 29,568$. Atomengew. ($H = 1,0$). 59,135 oder ($O = 100,0$) 368,991. Spec. Gewicht = 8,485—8,7. Spec. Wärme = 0,10696.

§. 547. Das Kobalt ist weißgrau, etwas röthlich, schwach metallglänzend, sehr hart und spröde, in der Rothglühhitze nur etwas hämmerbar, von faserigem Bruch, sehr strengflüssig, nicht flüchtig und nur wenig magnetisch.

Das Kobalt, welches übrigens von dem in den Apotheken unter gleichem Namen (Cobaltum crystallisatum) vorräthig gehaltenen metallischen Arsen unterschieden werden muß, wurde zuerst 1733 von Brandt metallisch dargestellt, obgleich seine Erze schon in den älteren Zeiten zum Färben des Glases und seit dem 15. Jahrhundert zur Bereitung der Smalte benutzt wurden. Es findet sich im Meteoreisen, oxydirt und an Säuren gebunden, ferner mit Schwefel und Arsen. Man erhält es durch Reduction des Oxyduls oder Oxydes im Kohlentiegel oder vor dem Knallgasgebläse oder mit Wasserstoffgas, oder durch Weißglühen des reinen oder ammoniakhaltigen oxalsauren Kobaltoxyduls unter einer Glasdecke.

Kobalt und Sauerstoff.

§. 548. Das Kobalt wird bei gewöhnlicher Temperatur nicht an der Luft oder durch Wasser verändert, überzieht sich aber beim Glühen an der Luft mit Oxydul und verbrennt bei heftiger Hitze mit rothem Feuer (das durch Wasserstoffgas reducirte Metall oxydirt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur), wobei theils Kobaltoxydul, CoO, theils Kobaltoxyd, Co_2O_3, entsteht, die auch intermediäre Verbindungen bilden können. Das Kobalt zersetzt das Wasser in der Glühhitze oder bei Gegenwart von Salzsäure oder Schwefelsäure, ferner die concentrirte Salpetersäure und Schwefelsäure unter Bildung von salpetriger oder schwefeliger Säure, wobei immer Kobaltoxydul entsteht.

Kobaltsäure (CoO_2?) scheint sich zu bilden, wenn die Lösung des salpetersauren Kobaltoxyduls mit Ammoniak gefällt und die Flüssigkeit mit dem Niederschlag an der Luft stehen bleibt, wo sich unter Absorption von Sauerstoff der grüne Niederschlag wieder löst und die gebildete dunkelbraune Lösung in der Kälte braune, durchsichtige, vierseitige Säulen absetzt, welche die Kobaltsäure neben Salpetersäure an Ammoniak gebunden enthalten mögen.

Kobaltoxydul (sonst Kobaltoxyd).

78,7 — 29,568	Kobalt	80,69 — 37,568	Kobaltoxydul
21,3 — 8,000	Sauerstoff	19,31 — 9,000	Wasser
100,0 — 37,568	Kobaltoxydul:	100,00 — 46,568	Kobaltoxydulhydrat.

Symb. und Aequiv. $CoO = 37{,}568$ und $CoO, Aq. = 46{,}568$.

§. 549. Das Kobaltoxydul ist hell grüngrau oder olivengrün, pulverig (kann auch in quadratischen Tafeln krystallisirt erhalten werden), unschmelzbar und nicht magnetisch, wird in höherer Temperatur durch Wasserstoff, Kohle, Kohlenoxyd und die Alkalimetalle reducirt, und bildet mit Wasser ein Hydrat, das ein schweres, rosenrothes, krystallinisches Pulver darstellt und seine Farbe nicht an der Luft verändert.

Man erhält das Kobaltoxydul durch gelindes Erhitzen des Hydrates oder kohlensauren Kobaltoxyduls bei Abschluß der Luft, oder beim Ueberströmen von Wasserstoffgas über bis 350° erhitztes Hydrat, oder durch Erhitzung des mit Wasserstoffgas reducirten Metalles im offenen Platintiegel, krystallisirt durch kurzes bis zum anfangenden Glühen gesteigertes Erhitzen eines Gemisches von Kobaltoxyd mit der 6fachen Menge Kalihydrat in einem Silbertiegel, das Hydrat durch Fällung eines Kobaltoxydulsalzes mit concentrirter Kalilauge bei Abschluß der Luft und Erhitzen des mohnblauen Niederschlages mit der Flüssigkeit bis zum Sieden. Aus den Erzen wird das Kobaltoxydul auf die Weise gewonnen, daß man sie vorerst sorgfältig in feingepulvertem Zustand röstet und dann das Pulver nach und nach in einen Tiegel

trägt, in welchem die dreifache Menge saures schwefelsaures Kali bei gelinder Hitze zum Schmelzen gebracht worden; beim Festwerden der Masse wird das Feuer nach und nach verstärkt, bis keine weißen Nebel mehr entweichen, dann die gepulverte Masse mit Wasser ausgekocht, bis das Ungelöste nicht mehr rauh und körnig ist, die rothe Flüssigkeit filtrirt, durch Schwefelwasserstoff von etwa vorhandenem Antimon, Kupfer und Zinn befreit und durch kohlensaures Kali gefällt; der aus kohlensaurem Kobaltoxydul bestehende Niederschlag kann nochmals in einer Säure gelöst und von einem Rückhalt an Eisen durch Kochen der neutralen Lösung mit kohlensaurem Kalk befreit werden.

§. 550. Das Kobaltoxydul bildet mit den Säuren die Kobaltoxydulsalze, Sales cobaltosi; diese sind im unlöslichen Zustand pfirsichblüthroth oder violett, in löslichem karmoisinroth, schmecken abstringirend, wenig metallisch, und wirken brechenerregend; in Feuer entlassen sie (mit Ausnahme des schwefelsauren Salzes) die Säure vollständig, wenn diese flüchtig oder zersetzbar ist. Die Lösungen der Kobaltoxydulsalze werden gefällt: durch Zink und Cadmium (nicht durch andere Metalle) metallisch; durch Ammoniak in blauen Flocken als basisches Salz, welches bei abgehaltener Luft blau bleibt und erst nach einigen Stunden, schneller beim Erhitzen, in rothes Hydrat übergeht, bei Zutritt der Luft aber schnell grün, dann braun wird oder sich mit brauner Farbe löst (Ueberschuß von Ammoniak oder Gegenwart von Ammoniaksalzen, wie sie z. B. beim Vermischen einer sauren Kobaltoxydullösung entstehen, verursacht bloß eine rothe Färbung der Flüssigkeit, die sich dann bei Luftzutritt von oben nach unten bräunt und unter Abscheidung von Oxydhydrat in kobaltsaures (?) Ammoniak übergeht); durch feuerbeständige Alkalien ebenfalls in blauen Flocken als basisches Salz, das nach und nach, schnell beim Erhitzen in rothes Hydrat, bei Zutritt der Luft unter olivengrüner, dann schmutzig violetter Färbung in Oxydoxydulhydrat oder ein basisches Salz desselben übergeht; durch kohlensaure Alkalien pfirsichblüthroth als kohlensaures Kobaltoxydul, das sich leicht und mit derselben Farbe in kohlensaurem Ammoniak, sehr wenig in den übrigen kohlensauren Alkalien löst; durch phosphorsaures Natron als blaues phosphorsaures Kobaltoxydul; durch schwefeligsaures Kali in der Siedhitze als basisch schwefeligsaures Kobaltoxydul; durch kieselsaure Alkalien blau; durch Schwefelwasserstoff (nur die vollständig neutralen Lösungen und die mit schwachen Säuren) so wie durch Schwefelalkalimetalle aus allen Lösungen braunschwarz als Schwefelkobalthydrat, das sich nur sehr wenig in einem Ueberschuß von Schwefelalkalimetall löst; durch Oxalsäure und deren Salze blaß rosenroth als oxalsaures Kobaltoxydul; ferner durch Kaliumeisencyanür grün, durch Kaliumeisencyanid dick braunroth und aus der essigsauren oder mit essigsaurem Kali vermischten Lösung anderer Salze hell rothbraun. Die Kobaltoxydulsalze geben vor dem Löthrohr mit Borax oder Phosphorsalz blaue Perlen und mit Soda ein graues Metallpulver.

Man erhält die Kobaltoxydulsalze durch Lösen des Metalles in stärkeren Säuren oder des reinen und kohlensauren Oxyduls in Säuren oder Ammoniaksalzen, einige auch durch doppelte Affinität. Salpetersaures Kobaltoxydul krystallisirt aus der karmoisinrothen Lösung mit Wasser (CoO, NO_5, 6 Aq.) in rothen Säulen, die an der Luft zerfließen und beim Erhitzen zu einer violettrothen Flüssigkeit schmelzen, welche endlich schwarzes Kobaltoxyd hinterläßt; mit der wässerigen Lösung auf Papier gemachte Schriftzüge färben sich beim jedesmaligen Erhitzen pfirsichblüthroth (sympathetische Tinte); durch Ammoniak wird bei

abgehaltener Luft ein basisches Salz (6 CoO, NO_5, 5 Aq.) niedergeschlagen. Kohlensaures Kobaltoxydul wird als basisches Salz (5 CoO, 2 CO_2, 4 Aq.) niedergeschlagen. Schwefelsaures Kobaltoxydul findet sich natürlich als Kobaltvitriol und krystallisirt bei gewöhnlicher Temperatur in rothen, schiefen rhombischen Prismen (CoO, SO_3 7 Aq.) über 20° nur mit 6 Aequiv. Wasser und bildet mit schwefelsauren Alkalien Doppelsalze; mit schwefelsaurer Magnesia (MgO, SO_3 + 3 [CoO, SO_3] + 28 Aq.) verbunden wird es aus dem Kobaltvitriol von Bieber durch Auslaugen und Krystallisiren erhalten. Arsenigsaures Kobaltoxydul findet sich natürlich als Kobaltbeschlag (2 CoO, AsO_3) auf arsenhaltigen Kobalterzen als rother, nicht krystallinischer Ueberzug. Arsensaures Kobaltoxydul findet sich natürlich als Kobaltblüthe (3 CoO, AsO_5, 6 Aq.) in rothen, langen, nadelförmigen, rhombischen Säulen von 2,84 bis 3,0 spec. Gewicht und mit arsensaurem Kalk und Eisenoxyd im gelben Erdkobalt vor. Kieselsaures Kobaltoxydul macht neben anderen Silicaten einen Bestandtheil der sog. Smalte aus, die durch Zusammenschmelzen von gerösteten Kobalterzen mit Quarzsand und Pottasche erhalten wird.

Anmerk. Das Kobaltoxydul verbindet sich auch mit den Alkalien (es löst sich in schmelzendem Kalihydrat zu einer klaren, blauen Flüssigkeit), einigen Erden und Metalloxyden; mit Mangansuperoxyd und Kupferoxyd findet es sich im schwarzen Erdkobalt (5 CoO, 12 MnO_2, CuO, 24 Aq.), welcher von 2,22 spec. Gewicht ist und nur in amorphen, zerreiblichen Massen vorkommt.

Kobaltoxyd (sonst Kobaltsuperoxyd).

71,13	59,135	Kobalt	75,48	83,135	Kobaltoxyd
28,87	24,000	Sauerstoff	24,52	27,000	Wasser
100,00	83,135	Kobaltoxyd:	100,00	110,135	Kobaltoxydhydrat.

Symb. und Aequiv. $Co_2O_3 = 83,135$ und Co_2O_3, 3 Aq. = 110,135.

§. 551. Das Kobaltoxyd stellt ein braunschwarzes, auf dem Strich fettglänzendes Pulver dar, welches in der Hitze Sauerstoff abgiebt und Kobaltoxydoxydul (CoO, Co_2O_3) hinterläßt, und mit Wasser ein Hydrat bildet, das eine braunschwarze, zusammengebackene, auf dem Bruche muschelige und glänzende, beim Erhitzen das Wasser verlierende Masse darstellt; es löst sich in schwefeliger Säure und Untersalpetersäure unter Bildung von schwefelsaurem oder salpetersaurem Oxydulsalz, in erwärmter Schwefelsäure und Salpetersäure unter Sauerstoffgasentwicklung, in Salzsäure unter Freiwerden von Chlor, in Weinsteinsäure, Traubensäure, Citronensäure und Oxalsäure unter Bildung von Kohlensäure und Oxydulsalz, in reinem Ammoniak nur bei Gegenwart von Zinn und das Hydrat in der gesättigten Lösung des oxalsauren Ammoniaks unter Freiwerden von Ammoniak mit grüner Farbe als oxalsaures Kobaltoxydoxydulsalz.

Man erhält das Kobaltoxyd durch gelindes Glühen des salpetersauren Kobaltoxyduls oder durch Zersetzung des Chlorkobalts mit kohlensaurem Natron auf trocknem Wege, sein Hydrat durch Behandlung des in Wasser vertheilten Oxydulhydrates oder kohlensauren Kobaltoxyduls mit Chlor, oder durch Fällung des salpetersauren Kobaltoxyduls mit unterchlorigsaurem Alkali unter Zusatz von freiem Alkali, oder durch Fällung einer mit Ammoniak übersättigten, an der Luft braun gewordenen Kobaltoxydullösung mit Kali.

§. 552. Das Kobaltoxyd bildet nur mit wenigen Säuren die Kobaltoxydsalze, Sales cobaltici; es löst sich nur in kalter Salpetersäure,

Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure anfangs unzersetzt, geht aber in diesen Lösungen bald in Oxydulsalze mit vorherrschender Säure über; in Essigsäure löst es sich als Hydrat mit intensiv braungelber Farbe; die ziemlich beständige Lösung giebt mit reinen und kohlensauren, phosphorsauren und arsensauren Alkalien einen braunen, mit Schwefelwasserstoff und Schwefelalkalimetallen einen schwarzen und mit Kaliumeisencyanür einen dunkelrothen Niederschlag, welcher bei Ueberschuß des Fällungsmittels unter Bildung von Kaliumeisencyanid in grünes Kobalteisencyanür übergeht; durch Jodnatrium wird die Lösung rothgelb und durch oxalsaures Kali nach einiger Zeit durch Bildung von oxalsaurem Kobaltoxydoxydul grün gefärbt.

Das Kobaltoxyd kann sich in mehreren Verhältnissen mit Oxydul zu **Kobaltoxydoxydul** verbinden; Co_8O_9 ($6\,CoO$, Co_2O_3) wird als gelbes Hydrat durch Fällung des neutralen salpetersauren Oxydulsalzes mit Ammoniak, Aussetzen der Flüssigkeit an die Luft, bis der blaue Niederschlag grün geworden, und Vertheilen desselben in Wasser und vierwöchentliches Aussetzen an die Luft erhalten. Co_6O_7 ($4\,CoO$, Co_2O_3) bildet sich bei längerem, stärkerem Rothglühen des Oxydulhydrates an der Luft oder durch Oxydation des mit Wasserstoff reducirten Metalles als ein zartes, sammtschwarzes Pulver; Co_3O_4 (CoO, Co_2O_3) entsteht beim Glühen des salpetersauren oder oxalsauren Oxydulsalzes an der Luft, ist ebenfalls schwarz und bildet mit Oxalsäure ein lösliches Salz.

Kobalt und Salzzeuger.

Chlorkobalt, chlorwasserstoffsaures Kobaltoxydul.

45,47	—	29,568	Kobalt
54,53	—	35,463	Chlor
100,00	—	65,031	Chlorkobalt.

Symb. und Aequiv. $CoCl = 65{,}031$. Atom. $Co\mathbf{Cl}$ ($CoCl_2$).

§. 553. Das feinzertheilte Kobalt verbrennt beim Erwärmen in Chlorgas zu Chlorkobalt, welches blaue Krystallschuppen darstellt; es bildet sich auch neben Chlorschwefel bei der Einwirkung von Chlor auf erhitztes Schwefelkobalt, sublimirt in einem Strom von Chlorgas bei der Glühhitze in blauen, lockeren, schlüpfrig anzufühlenden Krystallflittern, wird an der Luft roth, wird leicht durch Phosphor oder Phosporwasserstoffgas, sowie auch durch Schwefelsäure und unterchlorige Säure zersetzt, löst sich langsam aber vollständig in Wasser und krystallisirt aus dieser Lösung (die auch durch Lösen des Metalles in Salzsäure oder Königswasser oder des reinen, gewässerten oder kohlensauren Kobaltoxyduls in Salzsäure erhalten wird) in karmoisinrothen, nicht zerfließlichen, wasserhaltigen Krystallen; die rothe Lösung wird durch concentrirte Salzsäure oder Schwefelsäure blau, durch Zusatz von Wasser wieder roth gefärbt.

Kobaltchlorid, Co_2Cl_3, ist in der frisch und kalt bereiteten Lösung des Kobaltoxydes in Salzsäure enthalten.

Bromkobalt, bromwasserstoffsaures Kobaltoxydul.

26,99	—	29,568	Kobalt
73,01	—	80,000	Brom
100,00	—	109,568	Bromkobalt.

Symb. und Aequiv. $CoBr = 109{,}568$. Atom. $Co\mathbf{Br}$ ($CoBr_2$).

§. 554. Das Kobalt verbindet sich beim dunklen Glühen mit Bromdampf zu grünem Bromkobalt, das in der Rothglühhitze unter theilweiser Zersetzung schmilzt, an der Luft zu einer rothen Flüssigkeit zerfließt und

hieraus beim Verdunsten neben Schwefelsäure in rothen, leicht verwitternden, an der Luft zerfließenden Krystallen anschießt.

Jodkobalt, Co I, bildet sich beim Erhitzen des Kobaltpulvers mit Jod, ist graugrün, nicht metallglänzend, in der Hitze schmelzbar, aber nicht flüchtig, und giebt mit wenig Wasser eine grüne, mit mehr eine rothe Lösung; ist auch in Weingeist löslich.

Fluorkobalt bildet sich beim Lösen des Kobaltoxyduls in Fluorwasserstoffsäure und stellt nach dem Verdunsten eine rothe Krystallrinde (Co F, 2 Aq.) dar, löst sich in wenig Wasser, in mehr mit Zersetzung und Abscheidung von Kobaltoxyfluorür und Bildung eines sehr löslichen Salzes, und verbindet sich mit Fluoralkalimetallen.

Kobalt und Kieszeuger.

Schwefelkobalt.

§. 555. Das Kobalt verbindet sich in der Glühhitze mit Schwefel unter Feuererscheinung und Schmelzung; man kennt drei Verbindungen.

Kobaltsulphür, Einfach-Schwefelkobalt, Co S, bildet sich im erwähnten Falle, ferner beim Glühen des Kobaltoxyduls mit Schwefel oder beim Weißglühen des schwefelsauren Kobaltoxyduls im Kohlentiegel, ist metallglänzend, grau, blättrig oder körnig, magnetisch und in Säuren unter Schwefelwasserstoffentwicklung löslich; bildet mit Wasser ein Hydrat, das durch Fällung des essigsauren Kobaltoxyduls mit Schwefelwasserstoff oder eines anderen Kobaltoxydulsalzes mit Schwefelalkalimetall erhalten wird; es ist schwarz, entläßt in der Hitze Wasser, oxydirt sich an feuchter Luft, löst sich leicht in concentrirten Mineralsäuren, nicht in Essigsäure, und scheidet aus den Salzen des Bleioxydes, Eisenoxydes, Nickeloxydes, Kupferoxydes und Silberoxydes neue Schwefelmetalle ab.

Kobaltoxysulphür bildet sich bei der Zersetzung des schwefelsauren Kobaltoxyduls durch Wasserstoffgas in der Glühhitze, ist pulverig, dunkelgrau und entläßt an kalte Salzsäure nur das Oxydul, löst sich aber in erhitzter vollständig.

Kobaltsesquisulphür, Anderthalb-Schwefelkobalt, $Co_2 S_3$, findet sich natürlich als Kobaltkies in zinnweißen bis licht-stahlgrauen, regelmäßigen Oktaëdern und Cubooktaëdern von 4,9 bis 5,0 spec. Gewicht und bildet sich beim Glühen des Oxydes oder des Oxysulphürs in Schwefelwasserstoffgas oder beim Glühen eines Kobaltoxydes mit Schwefel und Kali, ist dunkelgrau, graphitähnlich, krystallinisch und in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel löslich.

Kobaltsulphid, Zweifach-Schwefelkobalt, $Co S_2$, bildet sich beim gelinden Glühen von Kobaltoxydul und Schwefel oder beim nicht bis zum Glühen gesteigerten Erhitzen des Kobaltoxydes in Schwefelwasserstoffgas, ist pulverig, schwarz, glanzlos, oxydirt sich an feuchter Luft, entläßt in der Hitze Schwefel und löst sich nur in Salpetersäure und Königswasser, nicht in den übrigen Säuren und alkalischen Laugen.

Selenkobalt entsteht beim Erhitzen von Kobalt mit Selen unter Feuererscheinung und ist grau, metallglänzend, von blättrigem Gefüge und in der Rothglühhitze schmelzbar.

Tellurkobalt ist unbekannt.

Kobalt und Erzzeuger.

Phosphorkobalt.

§. 556. Wenig phosphorhaltiges Kobalt bildet sich bei der Berührung von glühendem Kobalt mit Phosphor, beim Glühen von Kobalt mit Phosphorglas und Kohle u. s. w., ist metallglänzend, blau-weiß, von nadelförmigem Gefüge

und leichter schmelzbar als Kobalt. Eine bestimmte Verbindung (Co_3P) entsteht bei der Zersetzung des Chlorkobaltes durch Phosphorwasserstoffgas oder durch Glühen des drittel-phosphorsauren Kobaltoxyduls in Wasserstoffgas, ist schwarz, pulverig, zeigt vor dem Löthrohr kein Phosphorflämmchen und wird im schwach erhitzten Zustand durch Chlorgas unter starker Feuerentwicklung zersetzt.

Arsenkobalt besteht in verschiedenen Verbindungsverhältnissen und beide Stoffe verbinden sich beim Erhitzen unter rothem Licht zu einer schwarzgrauen porösen Masse; wenig arsenhaltiges Kobalt bildet sich auf den Blaufarbenwerken zu Modum in büschelförmig vereinigten, schief abgestumpften rhombischen Säulen ($Co_{25}Fe_5As_6$) und in großen metallglänzenden Tafeln ($Co_{12}Fe_{10}Cu_3As_5$). Einfach-Arsenkobalt findet sich mit Arseneisen als Speiskobalt ($11CoAs, 2FeAs$) in zinnweißen bis stahlgrauen Oktaëdern und Würfeln von 6,5 spec. Gewicht, mit Doppelt-Schwefelkobalt als Glanzkobalt oder Kobaltglanz ($CoAs, CoS_2$) in röthlich-silberweißen Krystallen von 6,2 bis 6,3 spec. Gewicht. Anderthalb-Arsenkobalt (Co_2As_3) findet sich ziemlich rein als Tesseralkies in zinnweißen Würfeln und Oktaëdern von 6,78 spec. Gewicht.

Antimonkobalt bildet sich beim Erhitzen des Kobalts mit der doppelten Menge Antimon unter Feuerentwicklung und stellt eine zusammengebackene, eisengraue, auf dem Strich metallglänzende Masse dar.

Verbindungen mit Bor und Kiesel sind unbekannt. Fluorkieselkobalt krystallisirt in wasserhaltigen, rosenrothen Rhomboëdern.

Kobalt und Metalle.

§. 557. Von den Legirungen des Kobaltes sind nur wenige bekannt; Kobalteisen ist sehr hart und schwer zerbrechlich, Kobaltnickel leicht schmelzbar; Kobaltamalgam, wie das Nickelamalgam darzustellen, ist matt silberweiß, wird vom Magnet angezogen, hinterläßt beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen das Kobalt als eine graue, magnetische Masse und bedeckt sich an der Luft mit einem schwarzen Pulver.

23. Vom Kupfer.

Symb. und Aequiv. $Cu = 31{,}728$. Atomengew. ($H = 1{,}0$) 63,456 oder ($O = 100{,}0$) 396,633. Spec. Gewicht $= 8{,}92 - 8{,}952$. Spec. Wärme $= 0{,}09515$.

(Vergl. Bd. 3, S. 51–54.)

Kupfer und Sauerstoff.

§. 558. Das Kupfer bleibt bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unverändert, selbst wenn diese feucht ist; bei erhöhter Temperatur, in der Glühhitze, läuft es erst gelb, dann violett an und überzieht mit einer schwarzen Rinde, dem sog. Kupferhammerschlag, welcher beim Erkalten oder raschen Abkühlen abspringt und außen aus Kupferoxyd, CuO, innen aus Kupferoxydul, Cu_2O, besteht; letzteres bildet sich beim Schmelzen des Kupfers an der Luft oft in großen Krystallen. In der bis zum Kochen des Kupfers gesteigerten Weißglühhitze verbrennt es mit hellgrünem Lichte zu Oxyd. Steht das Kupfer mit Wasser und kohlensäurehaltiger Luft zugleich in Berührung, so wird es erst schwarzgrau, dann blaugrün, den Kupferrost oder Grünspan darstellend; und lange Zeit in der Erde vergraben bedeckt es sich außen mit kohlensaurem Kupferoxyd (Aerugo nobilis), nach innen in krystallinisches Kupferoxydul übergehend. Gegen reines Wasser verhält sich das Kupfer ziemlich indifferent, indem es selbst in

der Weißglühhitze nur wenig zersetzend auf Wasserdampf wirkt, und beim Kochen mit wasserhaltiger Salzsäure oder Schwefelsäure kein Wasserstoffgas entwickelt; concentrirte Salpetersäure zersetzt es bei gewöhnlicher, concentrirte Schwefelsäure in erhöhter Temperatur unter Entwicklung von Stickstoffoxyd oder schwefeliger Säure und Bildung von salpetersaurem oder schwefelsaurem Kupferoxyd.

Kupfersuperoxyd, CuO_2, bildet sich bei der Berührung von Kupferoxydhydrat mit sehr verdünntem Wasserstoffsuperoxyd oder beim Vermischen des salpetersauren Kupferoxydes mit überschüssigem verdünntem Wasserstoffsuperoxyd und Fällung der Flüssigkeit mit Kali bei 0°; es ist gelbbraun, pulverig, ohne Geschmack und Wirkung auf Pflanzenfarben, löst sich nicht in Wasser, zersetzt sich im feuchten Zustand bald bei gewöhnlicher Temperatur, trocken noch unter 100° in Sauerstoffgas und Kupferoxyd, und bildet mit wässerigen Säuren Wasserstoffsuperoxyd und Kupferoxydsalze.

Kupfersäure, (CuO_3?), entsteht in Verbindung mit Kalk beim Eintragen von salpetersaurem Kupferoxyd in mit Wasser angerührten Chlorkalk, in Verbindung mit Alkalien bei der Einwirkung auf in Alkalilösung vertheiltes Kupferoxydhydrat; sie ist für sich unbekannt. Die kupfersauren Salze, Cuprates, sind schön roth und zersetzen sich bald an der Luft.

Kupferoxydul, rothes Kupferoxyd.

88,8	—	63,456	Kupfer
11,2	—	8,000	Sauerstoff
100,0	—	71,456	Kupferoxydul.

Symb. und Aequiv. Cu_2O = 71,456. Atom. $\text{Ɇ}O$ (Cu_2O).

§. 559. Das Kupferoxydul findet sich natürlich als Rothkupfererz in bräunlich-cochenillrothen, diamantglänzenden, heraëdrischen Krystallen von 5,3 bis 6,1 spec. Gewicht und als Kupferblüthe in karminrothen, haarförmigen Krystallen; das künstliche stellt ein bräunlich-rothes Pulver dar (kann auch in Würfeln und Oktaëdern krystallisirt erhalten werden); es zerfällt beim gelinden Glühen mit Wasserstoffgas, Kohle oder Kalium in Metall, durch wässerige Phosphorsäure, Schwefelsäure und sehr verdünnte kalte Salpetersäure in rothes pulveriges Metall und Oxydsalz, und durch wässeriges Brom in Kupferbromid und Oxyd; mit Wasser bildet es das Kupferoxydulhydrat ($4Cu_2O$, Aq.), welches pomeranzengelb und pulverig ist, erst bei 360° das Wasser verliert und an der Luft bald in Oxydhydrat übergeht.

Man erhält das Kupferoxydul durch ½stündiges Weißglühen von dickem Kupferdraht und nachheriges mehrstündiges Dunkelrothglühen unter einer Muffel, oder durch schwaches Glühen von fein zertheiltem Kupfer mit Kupferoxyd in einem verschlossenen Tiegel, oder durch Glühen von trocknem schwefelsaurem Kupferoxyd mit Kupferfeile in verschlossenen Gefäßen, oder durch Glühen eines Gemenges von schwefelsaurem Kupferoxyd, kohlensaurem Natron und Kupferfeile, oder durch Behandlung des Kupferoxydhydrates mit Zucker, Wasser und etwas Kali, am besten aber durch Zersetzung des Kupferchlorürs mit kohlensaurem Alkali auf trocknem oder nassem Wege und Auswaschen bei abgeschlossener Luft.

§. 560. Das Kupferoxydul bildet nur mit wenigen Säuren (die meisten, wie die oben genannten, Oxalsäure, Weinsteinsäure, Citronensäure, Essigsäure u. s. w., geben damit metallisches Kupfer und Oxydsalz, andere wirken nur höher oxydirend) die Kupferoxydulsalze, Sales cuprosi; diese

sind farblos oder roth, gehen im feuchten Zustand an der Luft in Oxydsalze über und werden in der wässerigen Lösung durch feuerbeständige, reine und kohlensaure Alkalien als pomeranzengelbes Hydrat gefällt, durch reines oder kohlensaures Ammoniak bei Zutritt der Luft blau gefärbt, durch Jodkalium als bräunlich-weißes Kupferiodür, durch Kaliumeisencyanür weiß, an der Luft braunroth werdend, und durch Kaliumeisencyanid sogleich braunroth, durch Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium schwarz als Kupfersulphür gefällt.

Schwefeligsaures Kupferoxydul (Cu_2O, SO_2, 2 Aq.) bildet sich neben schwefelsaurem Kupferoxyd beim Lösen des Kupferoxydes in wässeriger schwefeliger Säure und stellt glänzende, cochenillrothe Krystallkörner und Schuppen dar, löst sich nicht in Wasser, aber in wässeriger schwefeliger Säure, Salzsäure und Ammoniak, und wird in der Hitze unter Rücklassung von Kupferoxydul und durch Kochen mit Wasser zersetzt.

Anmerk. Das Kupferoxydul löst sich etwas in Kali, und wird Kalihydrat bei Abschluß der Luft in einem Kupfertiegel geschmolzen, so bildet sich eine rothe Masse, die auf Zusatz von Wasser Kupferoxydul fallen läßt. Kupferoxydul-Ammoniak bildet sich beim Lösen des Oxyduls oder seines Hydrates in Ammoniak, beim Zusammenbringen von Kupferfeile mit wässerigem Ammoniak und Luft oder beim Zusammenbringen von Kupferoxydammoniak mit Kupfer; eine farblose Flüssigkeit, die sich an der Luft durch Bildung von Kupferoxydammoniak von oben nach unten blau färbt.

Kupferoxyd, schwarzes Kupferoxyd.					
79,86 —	31,728	Kupfer	81,53 —	39,728	Kupferoxyd
20,14 —	8,000	Sauerstoff	18,47 —	9,000	Wasser
100,00 —	39,728	Kupferoxyd:	100,00 —	48,728	Kupferoxydhydrat.

Symb. und Aequiv. $CuO = 39{,}728$ und CuO, Aq. $= 48{,}728$.

§. 561. Das Kupferoxyd findet sich als Kupferschwärze auf Kupfererzen als Anflug und als Tenorit in Kratern von Vulkanen in hexaëdrischen Krystallen. Die künstliche stellt braunschwarze, spröde Schuppen und Körner oder ein braunschwarzes, beim Erhitzen vorübergehend reiner schwarz erscheinendes Pulver dar (kann auch durch Schmelzen mit reinem Kalihydrat und langsames Erkalten in metallglänzenden, tetraëdrischen Krystallen erhalten werden), ist von 6,4 bis 6,43 spec. Gewicht, schmilzt bei äußerst starker Hitze und stellt dann nach dem Erkalten eine Masse von krystallinischem Bruch dar; es wird leicht durch Erhitzen mit Wasserstoffgas, Kohle und Alkalimetallen zu Metall reducirt, giebt beim Glühen mit Phosphor phosphorsaures Kupferoxyd und Phosphorkupfer, beim Glühen mit Schwefel Schwefelkupfer, schwefelige Säure und etwas schwefelsaures Kupferoxyd, bei Ueberschuß von Kupferoxyd aber Kupferoxydul und schwefelsaures Kupferoxyd, beim Schmelzen mit Schwefeleisen Schwefelkupfer, beim Kochen mit wässerigem Zinnchlorür Kupferchlorür und Zinnoxyd und beim gelinden Glühen mit Kupferfeile Kupferoxydul, wird durch arsenige Säure bei Gegenwart von Kali in der Wärme in Kupferoxydul und arsensaures Kali, beim Schmelzen mit Cyankalium in Kupfer und cyansaures Kali zersetzt und verwandelt sich beim Kochen mit verschiedenen organischen Substanzen in Kupferoxydul. Es bildet mit Wasser das Kupferoxydhydrat, welches nach dem Trocknen grünlich-blaue, auf dem Bruche muschelige Stücke darstellt, stark metallisch schmeckt, im trocknen Zustand nicht bei 100°, sondern erst bei etwas höherer Temperatur zersetzt und in schwarzes Oxyd verwandelt wird, im frisch gefällten feuchten Zustand aber

nach längerer Zeit, besonders beim Einfluß des Sonnenlichts, rasch beim Kochen mit kalihaltigem Wasser in schwarzes Kupferoxyd übergeht und mit Eisenoxydulhydrat Kupferoxydulhydrat und Eisenoxydhydrat giebt.

Man erhält das Kupferoxyd durch langes Glühen des Kupfers oder Kupferhammerschlages an der Luft, durch heftiges Glühen des schwefelsauren oder gelindes Glühen des kohlensauren und salpetersauren Kupferoxydes, auch durch Aussetzen eines Gemenges von salpetersaurem Kupferoxyd und Kupferfeile an der Luft bis zur Bildung eines basischen Salzes und Glühen desselben, das Hydrat durch Fällung eines Kupferoxydsalzes mit Kalilauge in der Kälte.

§. 562. Das Kupferoxyd löst sich leicht in den Säuren und bildet mit ihnen die Kupferoxydsalze, Sales cuprici; diese sind im wasserfreien Zustand meist weiß, im wasserhaltigen blau oder grün, und viele in Wasser löslich, wo sie dann unangenehm metallisch schmecken und Lakmus röthen; sie verlieren in der Hitze die Säure, wenn diese flüchtig oder zersetzbar ist. Die Lösungen der Kupferoxydsalze werden durch Phosphor, unterphosphorige Säure, Eisen, Nickel, Kobalt, Wismuth, Zink, Cadmium, Zinn und Blei, sowie durch mehrere organische Substanzen metallisch gefällt, durch schwefeligsaure Alkalien besonders rasch in schwefelsaures Kupferoxyd und unlösliches schwefeligsaures Kupferoxydul verwandelt, lassen durch Zinnchlorür weißes Kupferchlorür, durch Jodkalium unter brauner Färbung der Flüssigkeit weißes Kupferiodür und durch Kochen mit Zucker Oxydul fallen; sie werden ferner gefällt: durch ätzende, feuerbeständige Alkalien bei unzureichender Menge anfangs als blaues Kupferoxydhydrat, welches sich mit dem unzersetzten Salze beim Schütteln zu grünem basischem Salze verbindet, bei überschüssigem Alkali als blaues Hydrat, das durch Kochen in schwarzes Kupferoxyd übergeht; durch wenig Ammoniak ebenfalls als grünes basisches Salz, durch mehr als blaues, in überschüssigem Ammoniak mit dunkel lasurblauer Farbe lösliches Hydrat; durch kohlensaure Alkalien unter theilweisem Freiwerden von Kohlensäure als grünblaues kohlensaures Kupferoxyd, das durch Kochen mit der Flüssigkeit in schwarzes Kupferoxyd übergeht und in überschüssigem kohlensaurem Ammoniak mit lasurblauer Farbe löslich ist; durch die kohlensauren erdigen Alkalien und Magnesia nicht in der Kälte, aber vollständig über 60° als kohlensaures Kupferoxyd; durch phosphorsaures Natron als grünweißes phosphorsaures Kupferoxyd; durch chromsaures Kali als rothbraunes chromsaures Kupferoxyd, durch Schwefelwasserstoff, Schwefelalkalimetalle, Schwefelmangan, Schwefelnickel, Schwefelkobalt und in der Siedhitze durch unterschwefeligsaure Alkalien als schwarzes Schwefelkupfer; durch Oxalsäure als blaugrün-weißes oxalsaures Kupferoxyd und durch überschüssiges neutrales oxalsaures Kali als blaues oxalsaures Kupferoxydkali; durch Cyankalium als gelbgrünes Kupfercyanid; durch Kaliumeisencyanür als dunkel braunrothes oder purpurfarbenes Kupfereisencyanür (sehr verdünnte Kupferlösungen werden nur röthlich gefärbt); durch Kaliumeisencyanid als braungelbes Kupfereisencyanid; durch xanthogensaures Kali als gelbes xanthogensaures Kupferoxyd; durch Galläpfeltinktur aus der essigsauren oder mit essigsaurem Kali vermischten Kupferlösung rothbraun; durch Guajakholztinktur werden die concentrirten Kupferoxydlösungen erst blau, dann grün (die verdünnten nach Zusatz von etwas Blausäure) gefärbt. Die Kupferoxydsalze geben vor dem Löthrohr mit Borax oder Phosphorsalz in der äußeren Flamme grüne, in der inneren braune Perlen, und mit Soda ein rothes Metallpulver und färben, mit Phosphorsalz und Kochsalz am Platindraht geschmolzen, die Löthrohrflamme blau.

Man erhält die Kupferoxydsalze durch Lösen des Metalles oder des reinen, gewässerten oder kohlensauren Oxydes in der Säure oder des Oxydes in einer kochenden Ammoniaksalzlösung, andere durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Kupferoxydsalze vergl. Bd. 3, S. 1284—1290. Halb-kohlensaures Kupferoxyd ($2 CuO, CO_2$) soll neben Kieselerde und Eisenoxyd im Mysorin enthalten sein. Basisch-schwefelsaures Kupferoxyd findet sich als Brochantit ($3 CuO, SO_3, 3$ Aq. und $4 CuO, SO_3$ 4 Aq.) in blaßgrünen erdigen Massen, zum Theil auch in dem Malachit ähnlichen Formen von 3,78 — 3,87 spec. Gewicht. Phosphorsaures Kupferoxyd findet sich natürlich außer im Pseudomalachit oder Phosphorchalcit und Olivenmalachit oder Ehlit (vergl. a. a. O. 1289) als Libethenit ($4 CuO, PO_5, 2$ Aq.) in schwarzgrünen, fettglänzenden, durchscheinenden Krystallen von 3,6 bis 3,8 spec. Gewicht, als Trombolith ($3 CuO, 2 PO_5, 6$ Aq.) und in einem unbenannten Mineral von Hirschberg ($6 CuO, PO_5, 3$ Aq.). Arsensaures Kupferoxyd findet sich als Kupferglimmer ($8 CuO, AsO_5, 12$ Aq.) in smaragdgrünen, durchsichtigen, weichen, rhomboëdrischen Krystallen von 2,5 bis 2,6 spec. Gewicht, als Erinit ($5 CuO, AsO_5, 2$ Aq.) in matten, durchscheinenden, smaragd- bis apfelgrünen, concentrischen Schalen von 4,043 spec. Gewicht, als Strahlenkupfer ($5 CuO, AsO_5, 5$ Aq.), als Kupferschaum ($5 CuO, AsO_5, 10$ Aq.) in langstrahligen, sehr weichen, durchscheinenden, hell spangrünen Massen von 3,09 spec. Gewicht (zuweilen auch mit kohlensaurem Kalk verbunden), als Olivenit oder Olivenerz ($28 CuO, 6 AsO_5, 7$ Aq.) in olivengrünen, durchsichtigen Krystallen von 4,28 bis 4,4 spec. Gewicht (zuweilen auch mit Phosphorsäure verbunden), mit Kupferoxydhydrat verbunden als Euchroit ($2 CuO, AsO_5, 5$ Aq. $+ CuO$, Aq.) in durchsichtigen, hell smaragdgrünen Krystallen von 3,389 spec. Gewicht, als Linsenerz ($10 CuO, 2 AsO_5, 30$ Aq.) in durchsichtigen, himmelblauen bis spangrünen Krystallen von 2,92 spec. Gewicht. Kieselsaures Kupferoxyd findet sich als Kupfersmaragd oder Dioptas ($3 CuO, 2 SiO_3, 3$ Aq.) in smaragdgrünen, durchsichtigen, stumpfen Rhomboëdern von 3,278 spec. Gewicht und als Kieselmalachit oder Kieselkupfer ($3 CuO, 2 SiO_3$, 6 oder 12 Aq.) in spangrünen oder himmelblauen, wenig durchscheinenden oder undurchsichtigen, nierenförmigen, kugeligen und traubigen Massen von muscheligem Bruch und 2,0 bis 2,2 spec. Gewicht.

Anmerk. Das Kupferoxyd löst sich in schmelzenden Alkalien zu einer grünen durchsichtigen Flüssigkeit, die nach dem Erkalten durch Wasser wieder zersetzt wird; es verbindet sich auch mit einigen anderen Oxyden und mit Ammoniak; das Kupferoxydammoniak bildet sich bei der Einwirkung von Sauerstoff auf Kupferoxydulammoniak und stellt eine dunkel lasurblaue Flüssigkeit dar, in welcher Phosphor erst wieder Oxydul, dann Metall erzeugt; sie wird durch Zink und Kobalt, durch schwefelige Säure, feuerbeständige Alkalien und selbst durch viel Wasser zersetzt.

Kupferwasserstoff; die wässerigen Lösungen von Kupfervitriol und unterphosphoriger Säure geben beim Erwärmen bis auf 70° einen gelben, bald rothbraun werdenden Niederschlag, der beim Erhitzen Wasserstoff entwickelt, in Chlorgas entflammt und in Salzsäure unter Bildung von Kupferchlorür und Entwicklung der doppelten Menge Wasserstoffgas löslich ist.

Stickstoffkupfer, Cu_6N, bildet sich beim lang andauernden Ueberleiten von Ammoniakgas über bis 250° erhitztes Kupferoxyd, und wird von dem gleichzeitig gebildeten Kupferoxydul durch wiederholte Digestion mit einem Gemische von reinem und kohlensaurem Ammoniak befreit; es ist dunkel olivengrün, wird unter dem Polirstahl messinggelb und metallglänzend, zerfällt beim Erhitzen bei 300° an der Luft unter lebhaftem rothem Erglimmen in Kupfer und Stickstoffgas, erhitzt sich stark mit Chlorgas unter Bildung von Kupferchlorid und Abscheidung von Stickstoff, in salzsaurem Gas unter Bildung von Kupferchlorid und Salmiak, wird von Salpetersäure heftig oxydirt und giebt mit Schwefelsäure und anderen nicht oxydirend wirkenden Säuren metallisches Kupfer und Stickstoffgas. Ein stickstoffärmeres Kupfer bildet sich auch beim Leiten von Ammoniakgas über glühenden Kupferdraht, welcher dadurch an absolutem Gewicht zu- und an spec. Gewicht abnimmt, und sehr spröde und gelb oder gelb-weiß wird.

Kohlenstoffkupfer bildet sich beim mehrstündigen, bis zum Schmelzen gesteigerten Glühen des mit Kienruß geschichteten Kupferblechs, ist blaß gelbroth, stark metallglänzend, nach dem Schmelzen und dem Erstarren auf der Oberfläche wie gestrickt und auf dem Bruch stark glänzend, gelbroth, grobfaserig und hackig, nach dem Schmelzen auf dem Bruche gelbroth und sehnig; es ist in der Kälte hämmerbar, zerfährt aber beim schwachen Rothglühen unter dem Hammer.

Kupfer und Salzzeuger.

Kupferchlorür, chlorwasserstoffsaures Kupferoxydul.

64,35	—	63,456	Kupfer
35,65	—	35,463	Chlor
100,00	—	98,919	Kupferchlorür.

Symb. und Aequiv. $Cu_2Cl = 98{,}919$. Atom. €u€l (Cu_2Cl_2).

§. 563. Kupfer als Feile oder in Blättchen verbrennt schon bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas unter rothem Glühen zu Kupferchlorür und Chlorid. Ersteres bildet sich auch beim Erhitzen des Kupfers mit Quecksilberchlorid, bei der Einwirkung von Salzsäure und Luft auf Kupfer, bei der Berührung desselben mit wässerigem Kupferchlorid, beim längeren Erhitzen des Kupferchlorides für sich, bei der Fällung mehrerer Kupferoxydsalzlösungen mit wässeriger oder bei der Behandlung des Kupferoxydhydrates oder kohlensauren Kupferoxydes mit salzsaurer Zinnchlorürlösung, beim Lösen des Kupferoxyduls in Salzsäure, bei der Behandlung der Kupferchloridlösung mit Phosphor, Aether, Zucker u. s. w. Das durch Fällung erhaltene stellt ein weißes, am Sonnenlicht schmutzig violett und schwarzblau werdendes krystallinisches Pulver, das aus heißer Salzsäure krystallisirte weiße, am Licht bläulich werdende Tetraëder dar, schmilzt unter der Glühhitze und gesteht beim Erkalten zu einer gelbbraunen krystallinischen Masse von 3,6771 spec. Gewicht, ist in verschlossenen Gefäßen nicht flüchtig, verdampft an der Luft in weißen Nebeln, färbt sich an der Luft unter Feuchtwerden langsam grün, wird beim Glühen durch Wasserstoffgas und Phosphorwasserstoffgas, unter Wasser durch Eisen, in Salzsäure gelöst durch schwefelsaures Eisenoxydul und durch Kalihydrat auf trocknem und nassem Wege zersetzt, löst sich nicht in Wasser und verdünnter Schwefelsäure, ohne Farbe in Salzsäure, wässerigem Ammoniak und Kochsalzlösung und unter starker Wärmeentwicklung mit violetter, später blauer Farbe in Salpetersäure. Die salzsaure Auflösung wird durch Wasser großentheils gefällt, giebt mit wenig Ammoniak durchsichtige Würfel von

Kupferchlorür-Chlorammonium (die sich in mehr Ammoniak lösen), färbt die Molybdänsäure blau, entfärbt frisch gefälltes Berlinerblau und schlägt aus Quecksilberchloridlösung Chlorür und aus Goldlösung metallisches Gold nieder. Das Kupferchlorür verbindet sich mit Ammoniak und Chloralkalimetallen.

Kupferoxychlorür ($Cu_2Cl, 2 CuO$) hinterbleibt beim Erhitzen von Kupferoxychlorid ($CuCl, 3 CuO$).

Kupferchlorid, chlorwasserstoffsaures Kupferoxyd (vergl. Bd. 3, S. 325).

47,22	— 31,728	Kupfer
52,78	— 35,463	Chlor
100,00	— 67,191	Kupferchlorid.

Symb. und Aequiv. $CuCl = 67,191$. Atom. Cu€l ($CuCl_2$).

§. 564. Das Kupferchlorid bildet sich beim Erhitzen des Kupfers oder Kupferchlorürs in Chlorgas, bei lang andauernder Einwirkung von Salzsäure und Luft auf Kupfer, beim Lösen desselben in Königswasser oder des reinen oder kohlensauren Oxydes in Salzsäure, Verdampfen und Erhitzen bis auf 200°. Es stellt eine braune Masse oder ein braungelbes Pulver dar, ist schmelzbar, entläßt in der Glühhitze die Hälfte Chlor, wird durch Erhitzen mit Phosphor, Phosphorwasserstoffgas oder Schwefelsäure und durch Glühen mit ölbildendem Gas zersetzt und löst sich in Wasser, Weingeist und Aether. Die wässerige Lösung ist im concentrirten Zustand smaragdgrün, im verdünnten blaßblau, wird durch concentrirte Salzsäure gelb und giebt bei der Abkühlung grüne, rechtwinkelige, vierseitige, an der Luft zerfließliche Säulen ($CuCl$, 2 Aq.), die bei 100° braun werden, aber erst bei einer weit höheren Temperatur alles Wasser entlassen; aus der wässerigen Lösung fällen Phosphor, Quecksilber, Silber und beim Kochen Zucker Kupferchlorür; die ätherische Lösung wird am Sonnenlicht entfärbt und läßt dann beim Vermischen mit Wasser Kupferchlorür fallen. Es verbindet sich mit Ammoniak und Chloralkalimetallen.

Kupferoxychlorid kann in mehreren Verbindungsverhältnissen bestehen; $CuCl, 2 CuO$ wird mit 4 Aequiv. Wasser durch unzureichendes Kali als ein blaßgrüner Niederschlag erhalten, der in der Hitze Wasser verliert und bei 138° braun, bei 260° unter Verlust des ganzen Wassers schwarz wird; $CuCl, 3 CuO$ findet sich natürlich als Salzkupfererz oder Atacamit ($CuCl, 3 CuO$, 3 Aq.) in smaragd- bis schwarzgrünen, durchscheinenden Krystallen von 4,4 spec. Gewicht und bildet sich durch Einwirkung der Luft auf mit Salzsäure oder Salmiaklösung befeuchtetes Kupferblech, ist blaßgrün, pulvrig, nicht in Wasser, leicht in Säuren löslich, entläßt beim schwachen Erhitzen Wasser und verwandelt sich in die wasserfreie braune Verbindung, die beim Glühen unter Entwicklung von Sauerstoffgas in Kupferoxychlorür übergeht; $CuCl, 4 CuO$ wird durch Behandlung des Kupferchloridammoniaks ($CuCl, H_3N$) mit Wasser als ein wasserhaltiges blaugrünes Pulver erhalten, das in der Hitze unter Wasserverlust chocoladenbraun wird.

Kupferbromür, bromwasserstoffsaures Kupferoxydul.

44,23	— 63,456	Kupfer
55,77	— 80,000	Brom
100,00	— 143,456	Kupferbromür.

Symb. und Aequiv. $Cu_2Br = 143,456$. Atom. €uBr (Cu_2Br_2).

§. 565. Das Kupfer verbindet sich beim Erhitzen bis zum dunklen Glühen mit Brom unter starker Feuerentwicklung zu Kupferbromür und Kupferbromid, welches letztere durch Wasser ausgezogen, das ungebundene Metall aber durch Lösen des Bromür in Bromwasserstoff entfernt werden kann; durch Fällung der Lösung mit Wasser wird das reine Bromür erhalten. Dieses ist weiß und pulverig, schmelzbar, dann graubraun oder grünbraun, von krystallinischem Bruch und in dünnen Blättern durchscheinend, in verschlossenen Gefäßen gar nicht, an der Luft schwierig verdampfbar, wird dabei zersetzt, und löst sich nicht in Wasser, aber in wässerigem Brom- und Chlorwasserstoff und Ammoniak, und unter Entwicklung von Stickstoffoxyd in Salpetersäure. Die Lösung in Bromwasserstoff ist farblos und giebt mit Eisenvitriol metallisches Kupfer, mit Quecksilberbromid Bromür und mit Chlor- oder Bromgold metallisches Gold, mit Wasser Kupferbromür als Niederschlag. Es verbindet sich mit Ammoniak und Bromalkalimetallen.

Kupferoxybromür ist in der beim Abdampfen braun gewordenen wässerigen Lösung des Kupferbromides enthalten, welche auf Wasserzusatz Bromür fallen läßt und wieder grün wird.

Kupferbromid, bromwasserstoffsaures Kupferoxyd.

28,39 —	31,728	Kupfer
71,61 —	80,000	Brom
100,00 —	111,728	Kupferbromid.

Symb. und Aequiv. $Cu\,Br = 111,728$. Atom. $Cu\,Br$ ($Cu\,Br_2$).

§. 566. Bildet sich neben Bromür beim Glühen des Kupfers in Bromdampf und wird durch Lösung des Kupferoxydes in Bromwasserstoff beim Verdunsten als eine eisenschwarze, graphitähnliche Masse oder beim Verdampfen im luftleeren Raum über Schwefelsäure in wasserfreien, glänzenden, dem Jod ähnlichen Krystallen erhalten, entläßt beim Rothglühen die Hälfte Brom und löst sich in Wasser mit smaragdgrüner Farbe, woraus es beim Verdunsten unter Braunwerden der Lösung in grüngelben Nadeln ($Cu\,Br$, 5 Aq.) krystallisirt.

Kupferoxybromid wird aus der wässerigen Lösung durch wenig Ammoniak als blaßgrünes Pulver niedergeschlagen, das beim gelinden Erhitzen Wasser verliert und beim stärkeren in Oxybromür übergeht.

Kupferiodür, iodwasserstoffsaures Kupferoxydul.

33,34 —	63,456	Kupfer
66,66 —	126,845	Jod
100,00 —	190,301	Kupferiodür.

Symb. und Aequiv. $Cu_2\,I = 190,301$. Atom. $Cu\,I$ ($Cu_2\,I_2$).

§. 567. Das Kupferiodür bildet sich beim Erhitzen des fein zertheilten Kupfers mit Jod und wird aus salzsaurer Kupferchlorürlösung oder aus einer wässerigen Kupferoxydlösung, die zweckmäßig mit schwefeliger Säure oder schwefelsaurem Eisenoxydul vermischt ist, durch Jodkalium als ein bräunlich-weißes Pulver niedergeschlagen, welches 4% Wasser (Cu_2I, Aq.?) enthält, in der Glühhitze zu einer braunen Masse schmilzt, in Jodkalium löslich ist und durch Wasserstoffgas in der Glühhitze, unter Bildung von Kupferoxyd und Joddampf durch glühendes Mangansuperoxyd, durch erhitzte Salpetersäure, durch Kochen mit Wasser und Zink, Eisen oder Zinn, durch wässerige und kohlensaure Alkalien zersetzt wird. Das Kupferiodür verbindet sich mit Ammoniak.

Kupferiodid, $Cu\,I$, ist für sich unbekannt; bei der Fällung eines Kupfer-

oxydsalzes mit Jodkalium scheidet sich Jodür und Jod ab, welches die braune Färbung der über dem Niederschlag befindlichen Flüssigkeit bedingt. Wird aber schwefelsaures oder essigsaures Kupferoxyd in erwärmtem Ammoniak gelöst und die gesättigte Lösung mit überschüssigem Jodkalium vermischt, so schlägt sich Kupferiodid-Ammoniak ($CuI, 2H_3N$, Aq.) nieder, welches nach dem Lösen in warmem Ammoniak beim Erkalten in dunkelblauen Tetraëdern krystallisirt.

Kupferfluorür, fluorwasserstoffsaures Kupferoxydul.

77,09 —	63,456	Kupfer
22,91 —	18,834	Fluor
100,00 —	82,290	Kupferfluorür.

Symb. und Aequiv. $Cu_2F = 82{,}29$. Atom. €uF (Cu_2F_2).

§. 568. Das Kupferoxydulhydrat verwandelt sich beim Uebergießen mit Fluorwasserstoffsäure in Kupferfluorür, welches schnell mit Weingeist gewaschen und getrocknet ein rothes Pulver darstellt, in der Hitze schmilzt, dabei schwarz erscheint, beim Erkalten aber wieder scharlachroth wird; es ist trocken luftbeständig, wird aber im feuchten Zustand erst in ein Gemenge von Kupferfluorür und Kupferoxydulhydrat, später in Oxyfluorid verwandelt, und löst sich nicht in Wasser und Fluorwasserstoffsäure, aber mit schwarzer Farbe in concentrirter Salzsäure, woraus es durch Wasser als ein weißes, später rosenroth werdendes Pulver abgeschieden wird.

Kupferfluorid, CuF, scheidet sich aus der Lösung des reinen oder kohlensauren Kupferoxydes in Fluorwasserstoffsäure beim Verdunsten in wasserhaltigen (CuF, 2 Aq.), kleinen, hellblauen Krystallen ab, verbindet sich mit Fluoralkalimetallen, löst sich schwierig in kaltem Wasser und wird durch kochendes in eine lösliche saure Verbindung und Kupferoxyfluorid (CuF, CuO, Aq.) zersetzt, das sich auch bei der Digestion der Fluorwasserstoffsäure mit überschüssigem kohlensaurem Kupferoxyd bildet und ein blaßgrünes, nicht in Wasser lösliches Pulver darstellt.

Kupfer und Kieszeuger.

Halbschwefelkupfer, Kupfersulphür.

79,86 —	63,456	Kupfer
20,14 —	16,000	Schwefel
100,00 —	79,456	Kupfersulphür.

Symb. und Aequiv. $Cu_2S = 79{,}456$. Atom. €uS (Cu_2S).

§. 569. Das Kupfersulphür findet sich natürlich als Kupferglanz in schwärzlich-bleigrauen Säulen und Dodekaëdern von 5,695 bis 5,735 spec. Gewicht und bildet sich beim Erhitzen von Kupfer in Schwefeldampf unter lebhafter Feuerentwicklung (aus kohlensaurem Kupferoxyd durch Wasserstoffgas reducirtes Kupfer mit vollkommen trockner Schwefelmilch [auf 64 Th. des ersteren 16 Th. der letzteren] vorsichtig so gemengt, daß keine Erhitzung durch den Druck entsteht, verbinden sich nach der innigen Vermengung unter bis zum Rothglühen gesteigerter Wärmeentwicklung), beim Glühen des Kupferoxydes mit Schwefel und beim Weißglühen des schwefelsauren Kupferoxydes im Kohlentiegel. Es stellt eine schwärzlich-bleigraue Masse (beim Zusammenschmelzen großer Mengen von Kupfer und Schwefel auch reguläre Oktaëder) von 5,9775 spec. Gewicht dar, ist leichter schmelzbar als Kupfer, wird beim Erhitzen an der Luft, beim Weißglühen mit Wasserdampf langsam, in der Glühhitze durch Chlorgas oder Phosphorwasserstoffgas, beim Glühen

mit Salpeter oder einem Gemenge von ätzendem und kohlensaurem Natron oder von kohlensaurem Natron und Kohle, beim Schmelzen mit Bleioxyd, beim Glühen mit Kupferoxyd, und nur unvollständig beim Erhitzen mit Eisen zersetzt und löst sich schwierig in erhitzter concentrirter Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas, in erwärmter Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel, in kalter mit Rücklassung von Kupfersulphid.

Das Kupfersulphür findet sich mit Schwefeleisen verbunden als Kupferkies (Cu_2S, Fe_2S_3) in messinggelben, häufig bunt angelaufenen, unregelmäßigen Tetraëdern, spitzen Rhomboëdern u. s. w. von 4,16 spec. Gewicht und als Buntkupfererz ($3 Cu_2S, Fe_2S_3$) in bunt angelaufenen, auf dem frischen Bruch kupferrothen bis tombakbraunen Würfeln und Cubooktaëdern von 4,9 bis 5,1 spec. Gewicht; ferner mit Schwefelwismuth im Kupferwismutherz und mit Schwefelarsen und Schwefeleisen im Tennantit.

Kupfersulphid, Einfach-Schwefelkupfer.

66,48	— 31,728	Kupfer
33,52	— 16,000	Schwefel
100,00	— 47,728	Kupfersulphid.

Symb. und Aequiv. $CuS = 47{,}728$.

§. 570. Das Kupfersulphid findet sich selten als Kupferindig in derben, weichen, blauschwarzen Massen (in den Fumarolen des Vesuvs theils als rußige Masse, theils in der Form eines Spinngewebes) von 3,8 spec. Gewicht und bildet sich bei der Zersetzung eines Kupferoxydsalzes mit Schwefelwasserstoff oder bei der Behandlung des Kupfersulphürs mit kalter Salpetersäure (welche die Hälfte Kupfer auflöst), ist grün- bis bräunlich-schwarz, entläßt in der Hitze die Hälfte Schwefel, oxydirt sich im feuchten Zustand an der Luft, löst sich unter Abscheidung der Hälfte Schwefel und Bildung von Schwefelwasserstoffgas in concentrirter Salzsäure als salzsaures Kupferchlorür und fällt aus Silberoxydsalzen Schwefelsilber.

Kupfersupersulphid, Fünffach-Schwefelkupfer, CuS_5, bildet sich bei der Behandlung von Kupferoxydsalzen mit Fünffach-Schwefelkalium als leberbrauner, in kohlensaurem Kali mit brauner Farbe löslicher Niederschlag, der nach dem Trocknen schwarz erscheint und sich weder an der Luft, noch durch Kochen mit Wasser verändert. Auch Zweifach-, Dreifach- und Vierfach-Schwefelkalium geben mit Kupferoxydsalzen leberfarbene Niederschläge, die entweder Zweifach-, Dreifach und Vierfach-Schwefelkupfer oder Gemenge von Schwefel mit Sulphid sind.

Kupferselenür, Halb-Selenkupfer.

61,55	— 63,456	Kupfer
38,45	— 39,631	Selen
100,00	— 103,087	Kupferselenür.

Symb. und Aequiv. $Cu_2Se = 103{,}087$. Atom. $\text{Ꞓu}Se$ (Cu_2Se).

§. 571. Findet sich natürlich als Selenkupfer und bildet sich beim Erhitzen des Kupfers mit Selen unter Feuerentwicklung, ist dunkel stahlgrau, auf dem Bruch dicht, weit unter der Glühhitze schmelzbar und entläßt beim lang anhaltenden Erhitzen an der Luft nur einen Theil seines Selens mit Rücklassung einer grauen, spröden, leicht schmelzbaren Masse.

Kupferselenid, $CuSe$, wird durch Selenwasserstoff aus Kupferoxydlösungen in schwarzen Flocken abgeschieden, die beim Trocknen dunkel-

grau und dann auf dem Strich metallglänzend werden, und bei der Destillation die Hälfte Selen verlieren.

Tellurkupfer ist blaßroth.

Kupfer und Erzzeuger.

Phosphorkupfer.

§. 572. Das Kupfer verbindet sich in mehreren beständigen Verhältnissen mit Phosphor. Sechstel-Phosphorkupfer, $Cu_6 P$, bildet sich beim Leiten von Phosphorwasserstoffgas über erhitztes Kupferoxydul, Chlorür oder Sulphür und wird auch beim sehr starken Erhitzen der folgenden Verbindung erhalten, ist schwarz und pulverig oder hellgrau, zusammengesintert und metallglänzend, giebt vor der Kohle auf dem Löthrohr ein Phosphorflämmchen und löst sich unter Bildung von Phosphorsäure leicht in Salpetersäure und Königswasser, nicht in Salzsäure. Drittel-Phosphorkupfer, $Cu_3 P$, wird in zwei Modificationen erhalten, nämlich durch Leiten von Phosphorwasserstoffgas über erhitztes Kupferoxyd oder Chlorid als ein schwarzes Pulver, welches bei Abschluß der Luft zu einer grauschwarzen, metallglänzenden, aber nicht kupferroth werdenden Masse schmelzbar ist und vor dem Löthrohr erhitzt ein Phosphorflämmchen giebt; durch Einleiten von Phosphorwasserstoffgas in eine Kupferoxydsalzlösung wird es als schwarzes Pulver niedergeschlagen, das durch Erhitzen kupferroth und vor dem Löthrohr nicht verändert wird, auch dessen Flamme nicht färbt. Halb-Phosphorkupfer, $Cu_2 P$, bildet sich bei der Zersetzung des halb-phosphorsauren Kupferoxydes durch Wasserstoffgas in sehr starker Glühhitze und stellt eine grauweiße, krystallinische Masse dar.

Kupfer wird schon durch wenig Phosphor sehr spröde und blaßkupferroth, bei mehr Phosphor stahlgrau, leicht schmelzbar und specifisch leichter und bedeckt sich zuweilen auf der Oberfläche mit vierseitigen Säulen; manches phosphorhaltige Kupfer behält an der Luft seinen Glanz, während anderes schwarz wird und zuletzt zu phosphorsaurem Kupferoxyd zerfällt. Phosphorhaltiges Kupfer bildet sich beim Erhitzen des Kupfers mit Phosphor oder mit Phosphorglas und Kohle oder beim Glühen des phosphorsauren Kupferoxydes mit Kohle u. s. w.

Arsenkupfer.

§. 573. Das Kupfer verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit Arsen; Viertel-Arsenkupfer, $Cu_4 As$, bildet sich beim Erhitzen von gleichen Theilen Kupferfeile und Arsen, ist weißgrau, spröde und feinkörnig, leichter schmelzbar als Kupfer, läuft an der Luft an und verliert durch Glühen das meiste Arsen (wird im Großen durch Zusammenschmelzen von Kupfer mit arseniger Säure und schwarzem Fluß erhalten und als Weißkupfer oder weißer Tombak zu verschiedenen Geräthschaften benutzt). Drittel-Arsenkupfer, $Cu_3 As$, wird durch Leiten von Arsenwasserstoffgas über Kupferchlorid oder in Kupfervitriollösung und in letzterem Fall als ein schwarzer Niederschlag erhalten.

Arsen-Schwefelkupfer findet sich mit Schwefeleisen als Tennantit ($FeS, 3 CuS, 4 Cu_2 S, 2 As S_3$) in bleigrauen bis eisenschwarzen Krystallen von 4,375 spec. Gewicht.

Antimonkupfer, durch Zusammenschmelzen von Kupfer mit Antimon zu erhalten, stellt eine violette, kleinblättrige, spröde Metallmasse dar. Kupfer findet sich neben Antimon, Arsen und mehreren anderen Metallen in den verschiedenen Fahlerzen.

Bor verbindet sich nicht mit Kupfer. Kieselkupfer wird beim Zusammenschmelzen von Kupfer mit Kiesel vor dem Löthrohr als ein ductiles

Korn, auch durch Weißglühen von Kupfer mit Kieselerde und Kohle erhalten. Fluorkiesel-Kupferfluorür ist kupferroth und verhält sich wie das reine Fluorür; Fluorkiesel-Kupferfluorid krystallisirt in durchsichtigen, blauen, an der Luft verwitternden Rhomboëdern und sechsseitigen Säulen.

Kupfer und Metalle.

§. 574. Das Kupfer läßt sich leicht mit verschiedenen anderen schweren Metallen zusammenschmelzen. Kupfermangan ist röthlich-weiß, sehr streckbar und läuft nach längerer Zeit grün an. Kupfereisen ist bei vorwaltendem Kupfer sehr fest, bei vorwaltendem Eisen sehr hart, aber minder fest. Kupfernickel ist sehr dehnbar und von blaß-kupferrother bis (bei mehr Nickel) weißer Farbe und einer glänzenden Politur fähig, läuft aber leicht an (fernere Legirungen s. bei den betreffenden Metallen). Kupferamalgam bildet sich beim Eintauchen von Kupfer in Quecksilberlösungen, beim Zusammenreiben von Quecksilber, Grünspan und Kochsalz, bei der Einwirkung des elektrischen Stroms auf mit Kupfervitriollösung in Berührung stehendes Quecksilber u. s. w.; bei der Zersetzung des Natriumamalgams mit Kupfervitriollösung erhält man es als eine ziemlich voluminöse, röthliche oder goldgelbe Masse und bei der Zersetzung des Zinkamalgams mit in Ammoniak gelöstem Kupfersalz in weißen Verzweigungen.

24. Vom Uran.

Symb. und Aequiv. U = 60,0. Atomengew. (H = 1,0) 120,0 oder (O = 100,0) 750,0. Spec. Gewicht und spec. Wärme?

§. 575. Das Uran stellt theils ein schwarzes Pulver, theils zusammengeschweißte silberglänzende Blätter und Fäden dar, die gefeilt werden können und etwas ductil zu sein scheinen.

Das Oxyd des Urans wurde 1789 von Klaproth in der Pechblende und im Uranglimmer aufgefunden; als Metall wurde es zuerst rein 1841 (was man bis dahin für metallisches Uran hielt, war sein Oxydul) von Peligot auf die Weise dargestellt, daß man 1 Th. Uranchlorür mit 2 Th. Kalium über der Weingeistlampe erhitzt, nach stattgefundener (sehr heftiger) Reaktion erkalten läßt und dann mit Wasser auslaugt; oder, nach Wöhler, man versetzt die Lösung des Uranoxyd-Ammoniaks in Salzsäure mit überschüssigem Salmiak und gleich viel Kochsalz, trocknet ein, glüht bis zum Verdampfen des Salmiaks und Schmelzen des Kochsalzes und behandelt die erkaltete Masse mit Wasser. Das Uran findet sich nur oxydirt als Pechblende und Uranocker, auch mit Schwefelsäure, Phosphorsäure, Tantalsäure u. s. w. verbunden.

Uran und Sauerstoff.

§. 576. Das Uran hält sich bei gewöhnlicher Temperatur unverändert; beim schwachen Erhitzen (bei einer Temperatur bevor sich Papier entzündet) verbrennt es mit weißem Licht zu Uranoxydoxydul. Durch Wasser wird es nicht verändert, durch wässerige Säuren aber unter Wasserstoffgasentwicklung als Uranoxydul, UO, und durch Salpetersäure unter Stickstoffoxydgasentwicklung als Uranoxyd, U_2O_3, gelöst.

Uransuboxydul, U_4O_3, durch Zersetzung des in Wasser gelösten Uransubchlorürs mit Ammoniak erhalten, ist ein brauner wasserhaltiger Niederschlag, der sich an der Luft schnell höher oxydirt.

Uransuboxyd, U_4O_5, durch heftiges Glühen des Uranoxydoxyduls

und Erkalten bei Abschluß der Luft erhalten, ist schwarz, wird durch Glühen mit Wasserstoffgas in Oxydul verwandelt und löst sich in Säuren als ein Gemische von Oxydul- und Oxydsalzen, ist demnach auch nur als ein Gemenge zu betrachten.

Ueber Uranoxydoxydul vergl. §. 582.

Uranoxydul (sonst Uranmetall).

88,25 — 60,0 Uran		88,31 — 68,0 Uranoxydul	
11,75 — 8,0 Sauerstoff		11,69 — 9,0 Wasser	
100,00 — 68,0 Uranoxydul:		100,00 — 77,0 Uranoxydulhydrat.	

Symb. und Aequiv. $UO = 68,0$ und $UO, Aq. = 77,0$.

§. 577. Das Uranoxydul stellt ein eisengraues, erdiges, unter dem Mikroskop aus feinen, schwach metallglänzenden Nadeln bestehendes, höchst strengflüssiges oder ein zimmtbraunes, kupferrothes oder leberbraunes oder ein schwarzgraues metallglänzendes, aus regelmäßigen, stark metallglänzenden, an den Kanten wenig mit rothbrauner Farbe durchscheinenden Oktaëdern zusammengesetztes Pulver oder metallglänzende Krystallschuppen dar (das spec. Gewicht wird zu 6,44, 6,94, 9,0 und 10,15 angegeben); es bildet mit Wasser das Uranoxydulhydrat, das im frisch gefällten Zustand in gallertartigen rothbraunen Flocken erscheint und nach dem Auswaschen mit kochendem Wasser braun bleibt, mit kaltem Wasser gewaschen aber Alkali zurückhält und sich dann an der Luft in Uranoxyd-Alkali verwandelt.

Man erhält das Uranoxydul durch Glühen des Oxyd-Oxyduls mit Kohle im heftigsten Essigsauer, durch Glühen des oxalsauren Uranoxydes für sich, durch Leiten von Wasserstoffgas über glühendes Oxydoxydul oder über glühendes Chloruranoxydul-Kalium (auf letztere Weise in kleinen Oktaëdern).

§. 578. Das Uranoxydul bildet mit den Säuren die Uranoxydulsalze, Sales uranosi (das geglühte Oxydul löst sich nur in concentrirter Schwefelsäure, das Hydrat in den wässerigen Säuren); diese sind grün oder grünweiß, werden im gelösten Zustand durch die Luft und Salpetersäure, durch Silber- und Goldsalze unter Fällung ihrer Metalle in Oxydsalze verwandelt und geben mit Alkalien und kohlensaurem Kalk einen rothbraunen, aus Oxydulhydrat bestehenden, und mit kohlensauren Alkalien unter Entwicklung von Kohlensäure einen grünen, in überschüssigen kohlensauren Alkalien und besonders in kohlensaurem Ammoniak mit grüner Farbe löslichen Niederschlag, der nach dem Waschen und Trocknen Oxydulhydrat darstellt.

Man erhält die Uranoxydulsalze durch Lösen des Hydrates in der betreffenden Säure, andere durch doppelte Affinität. Schwefelsaures Uranoxydul (UO, SO_3, 2 oder 4 Aq.), findet sich natürlich als Uranvitriol und krystallisirt in grünen, luftbeständigen Säulen, die erst nahe in der Glühhitze sämmtliches Wasser verlieren, in verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure löslich sind und durch Wasser in ein saures, mit grüner Farbe lösliches, und ein unlösliches, hellgrünes, basisches Salz ($2UO$, SO_3, 2 Aq.) zersetzt werden. Phosphorsaures Uranoxydul wird aus Uranchlorürlösung durch halb-phosphorsaures Natron als ein gelatinöser, grüner, selbst im frisch gefällten Zustand nur in concentrirter Salzsäure löslicher und daraus durch Wasser sich wieder abscheidender Niederschlag erhalten.

Uranoxyd, Uransäure.

83,33 —	120,0	Uran
16,67 —	24,0	Sauerstoff
100,00 —	144,0	Uranoxyd.

Symb. und Aequiv. $U_2O_3 = 144,0$. Atom. $\text{Ŭ}O_3$ (U_2O_3).

§. 579. Das Uranoxyd ist ziegelroth und wird durch Glühen in Sauerstoffgas und Uranoxydoxydul zersetzt; es bildet mit Wasser das Uranoxydhydrat (U_2O_3, 2 Aq.), welches natürlich als Uranocker vorkommt, citronengelb ist, bei 100° oder im luftleeren Raum die Hälfte Wasser verliert und einen Stich ins Pomeranzengelbe erhält, und bei 300° alles Wasser verliert.

Man erhält das Uranoxyd durch längeres Erhitzen des kohlensauren Uranoxyd-Ammoniaks bei 300° oder aus dem Hydrat, dieses aber durch Einwirkung des Sonnenlichtes auf oxalsaures Uranoxyd, bis der zuerst entstandene Niederschlag von Uranoxydoxydulhydrat gelb geworden ist, oder durch Eindampfen der Lösung des salpetersauren Uranoxydes in wasserfreiem Weingeist bei mäßiger Wärme, bis sich bei einer gewissen Concentration Salpeteräther entwickelt, und anhaltende Behandlung der pomeranzengelben, schwammigen Masse mit kochendem Wasser.

§. 580. Das Uranoxyd bildet mit den Säuren die Uranoxydsalze, Sales uranici, die gewöhnlich auf 1 Aequiv. Basis (U_2O_3) 1 Aequiv., doch einige auch 2 und 3 Aequiv. Säure enthalten, gelb und meist in Wasser löslich sind und dann einen sehr herben, aber nicht metallischen Geschmack haben; sie röthen meist Lakmus und werden in der Hitze, wenn die Säure flüchtiger oder zersetzbarer Natur ist, zersetzt. Schwefelwasserstoff, Unterschwefelsäure, im Sonnenlicht Weingeist und Aether, so wie mehrere Metalle verwandeln sie in Uranoxydulsalze. Die Lösungen der Uranoxydsalze werden durch die ätzenden Alkalien pomeranzengelb als in Ueberschuß des Alkalis unlösliches Uranoxyd-Alkali, durch kohlensaure Alkalien und kohlensauren Kalk blaßgelb und im Ueberschuß des kohlensauren, insbesondere des anderthalb- und doppelt-kohlensauren Alkalis löslich, durch phosphorsaures Natron gelbweiß als phosphorsaures Uranoxyd, durch Schwefelalkalimetalle braunschwarz als Schwefeluran, durch schwefeligsaures Ammoniak in der Siedhitze gelb und körnig als schwefeligsaures Uranoxyd, durch Oxalsäure und deren Salze gelb, als oxalsaures Uranoxyd, durch bernsteinsaure Alkalien bei nicht zu großer Verdünnung gelb, durch Galläpfeltinktur chocoladenbraun und durch Kaliumeisencyanür lebhaft braunroth gefällt. Die Uranoxydsalze geben vor dem Löthrohr mit Borax in der inneren Flamme ein schmutziggrünes, beim stoßweisen Blasen schwarz werdendes und in der äußeren Flamme auf Platin ein dunkelgelbes, mit Phosphorsalz in der inneren Flamme schön grünes, in der äußeren auf Platin ein gelbes, in der Kälte blaß grünlich-gelbes Glas und ertheilen größeren Mengen von kohlensaurem Natron eine gelbe Farbe ohne irgend eine Reduktion. Sie bilden mit den Salzen der Alkalien gelbe Doppelsalze, die mehr feuerbeständig sind.

Man erhält die Uranoxydsalze durch Oxydation der Oxydul- oder Oxydoxydulsalze an der Luft oder mit Salpetersäure, auch durch Lösen der Uranoxydalkalien in Säuren, einige auch durch doppelte Affinität.

Salpetersaures Uranoxyd (U_2O_3, NO_5, 6 Aq.) krystallisirt in citronengelben Säulen, verwittert an warmer Luft oder im luftleeren

Raum unter Verlust der Hälfte Wasser, löst sich in Wasser, Weingeist und Aether und wird in beiden letzteren Lösungen durch Erwärmen oder am Sonnenlicht theilweise desoxydirt. Kohlensaures Uranoxyd findet sich mit kohlensaurem Kalk als Liebigit vor. Schwefelsaures Uranoxyd ($UO, SO_3, 3 Aq.$) findet sich natürlich als Johannit pulverig und krystallisirt in kleinen citronengelben Säulen, die erst bei 300° das Wasser vollständig verlieren und sich leicht in Wasser und Weingeist lösen; kommt mit schwefelsaurem Kalk verbunden als Medjidit vor. Phosphorsaures Uranoxyd findet sich mit phosphorsaurem Kalk verbunden als Kalk-Uranglimmer oder Kalkuranit ($2 U_2 O_3$, CaO, cPO_5, 8 Aq.) in durchsichtigen, citronengelben Krystallen von 3,1 spec. Gewicht und mit phosphorsaurem Kupferoxyd verbunden als Kupfer-Uranglimmer oder Chalkolith ($2U_2O_3$, CuO, PO_5 8 Aq.) in zeisiggrünen Krystallen.

§. 581. Das Uranoxyd verbindet sich auch mit den stärkeren Salzbasen zu sog. uransauren Salzen, Uranates, die gewöhnlich auf 1 Aequiv. Basis 2 Aequiv. ($2 U_2 O_3$) Uranoxyd enthalten, meist gelb und nach dem Glühen pomeranzengelb sind, in der Weißglühhitze meist Uranoxydoxydul, beim Glühen mit Wasserstoffgas Uranoxydul geben und in Wasser sämmtlich unlöslich sind.

Man erhält die uransauren Alkalien durch Fällung eines Uranoxydsalzes mit reinem Alkali, die übrigen Salze durch Fällung eines Gemisches von Uranoxydsalz und dem anderen Salze mit Ammoniak mit mehr oder weniger Uranoxydammoniak vermischt.

Uranoxydoxydul, uransaures Uranoxyd (sonst Uranoxydul).

88,02	— 180,0 Uran		31,62	— 68,0 Uranoxydul	
11,98	— 32,0 Sauerstoff		68,38	— 144,0 Uranoxyd	
100,00	— 212,0 Uranoxydoxydul:		100,00	— 212,0 Uranf. Uranoxydul.	

Symb. und Aequiv. U_3O_4 oder $UO, U_2O_3 = 212,0$.

§. 582. Das Uranoxydoxydul findet sich ziemlich unrein als Uranpecherz oder Pechblende vor; künstlich dargestellt bildet es ein dunkelgrünes, fast schwarzes, sammtartiges, unschmelzbares und feuerbeständiges Pulver, welches bei heftigem Glühen in das schwarze Suboxyd und durch Glühen mit Wasserstoff, Kohle, Schwefel und Alkalimetalle in Oxydul reducirt wird. Es bildet mit Wasser das Uranoxydoxydulhydrat (U_3O_4, 3 Aq.), welches dunkel graugrün, zuweilen auch purpurfarben ist, an der Luft schnell höher oxydirt wird und in der Hitze das Wasser entläßt.

Das Uranoxydoxydul kann durch Verbrennen des Metalles oder Oxyduls, durch Rothglühen des letzteren in Wasserdampf oder durch schwaches Glühen des Oxydes gewonnen werden. — Aus der Pechblende wird das Uranoxydoxydul auf die Weise gewonnen, daß man sie durch Digestion mit verdünnter Salzsäure von kohlensaurem Kalk, Magnesia, Mangan und Kupferoxyd, nach dem Waschen mit Wasser und Trocknen durch Glühen mit Kohle von dem größten Theil des Arsens und Schwefels und hierauf durch Digestion der erkalteten Masse mit concentrirter Salzsäure von Blei, Eisen und Kupfer befreit, den Rückstand in Salpetersäure aufnimmt, die Lösung, welche Alaunerde, Arsen, Antimon, Blei, Eisen und Kupfer neben dem Uran enthält, bis zur Trockne verdunstet, den Rückstand wieder in Wasser löst (wobei Eisen und Arsen als arsensaures Eisenoxyd ungelöst bleibt), das Filtrat

mit schwefeliger Säure kocht und dann mit Schwefelwasserstoff sättigt (wobei der Rest des Arsens nebst Kupfer und Blei abgeschieden wird), das Filtrat wiederum zur Trockne verdunstet und den Rückstand in Wasser aufnimmt (wodurch der Rest von Eisen abgeschieden wird), zur Krystallisation verdunstet, das dabei sich ausscheidende salpetersaure Uranoxyd durch mehrmaliges Umkrystallisiren von der Alaunerde befreit und zuletzt durch Glühen zersetzt.

Anmerk. Das Uranoxydoxydul löst sich im geglühten Zustand schwierig, als Hydrat leicht in den Säuren, die mit ihm die sog. Uranoxydoxydulsalze, Sales uranoso-uranici, darstellen, welche aber nur Gemische von Oxydul- und Oxydsalzen sind, indem aus dem schwefelsauren Salze schon durch Weingeist Oxydsalz mit gelber Farbe gelöst wird. Sie haben eine grüne Farbe und herben Geschmack, werden schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft oder durch Salpetersäure in Oxydsalze verwandelt und geben in den Lösungen mit den ätzenden Alkalien graugrüne oder braune, mit kohlensauren Alkalien schmutzig hellgrüne, im Ueberschuß mit grüner Farbe lösliche, mit phosphorsauren Alkalien schmutzig grünweiße, mit Schwefelalkalimetallen schwarze, mit Oxalsäure hell gelbgrüne, mit Galläpfeltinktur rothbraune und mit Kaliumeisencyanür braunrothe Niederschläge.

Uran und Salzzeuger.

Uranchlorür, chlorwasserstoffsaures Uranoxydul.

62,85 — 60,000	Uran
37,15 — 35,463	Chlor
100,00 — 95,463	Uranchlorür.

Symb. und Aequiv. UCl = 95,463. Atom. U€l (UCl_2).

§. 583. Das Uran verbrennt in trocknem Chlorgas zu Uranchlorür, das auch durch Ueberleiten von Chlorgas über ein heftig glühendes Gemenge von Kohle und irgend einem Uranoxyd erhalten wird; es stellt dunkelgrüne, metallglänzende, regelmäßige Oktaëder dar, ist bei der Glühhitze in rothen Dämpfen flüchtig, verbreitet an der Luft weiße Nebel und giebt mit Wasser unter Zischen eine dunkel smaragdgrüne Lösung, die sowohl in der Wärme als beim Verdunsten im luftleeren Raum zersetzt wird.

Uranchlorid, U_2Cl_3, ist unbekannt; Uranoxychlorid ($U_2Cl_3, 2U_2O_3$) bildet sich beim Leiten von Chlorgas über rothglühendes Uranoxydul, ist gelb, krystallinisch, leicht schmelzbar, in pomeranzengelben Dämpfen flüchtig, zerfällt beim Erhitzen mit Alkalimetallen in Chloralkalimetall und Uranoxydul und löst sich in Wasser mit gelber Farbe.

Uransubchlorür, U_4Cl_3, bildet sich beim Leiten von Wasserstoffgas über erhitztes Chlorür und stellt eine dunkelbraune, grobfaserige, wenig flüchtige Masse dar, die sich leicht in Wasser löst; die purpurrothe Lösung geht nach einigen Augenblicken unter Abscheidung von einem rothen Pulver und Entwicklung von Wasserstoffgas in die grüne Lösung des Uranchlorürs über.

Uranbromür wird wasserhaltig (UBr, 4 Aq.) beim Verdunsten der grünen Lösung des Uranoxyduls in wässerigem Bromwasserstoff über Schwefelsäure in undeutlichen grünen Krystallen erhalten. Eine oxydhaltige Bromverbindung erhält man durch Kochen des Uranoxyduls mit Brom und Wasser oder durch Lösen des Uranoxydes in wässerigem Bromwasserstoff als eine farblose Flüssigkeit, die beim Verdunsten gelb wird und gelbe, glatte, sehr styptisch schmeckende Nadeln liefert,

die beim Trocknen in der Hitze pomeranzengelb werden und beim Glühen Brom ausgeben.

Uraniodür, UI, wird aus der dunkelgrünen Lösung des Uranoxyduls in wässerigem Jodwasserstoff beim freiwilligen Verdunsten als eine schwarze Krystallmasse erhalten.

Uranfluorid, U_2F_3, wird durch Lösen des Uranoxydes in Fluorwasserstoffsäure und Verdunsten als eine weiße, nicht krystallinische Rinde erhalten, die sich in Wasser löst; bildet mit Fluoralkalimetallen gelbe krystallisirbare Verbindungen.

Uran und Kieszeuger.

Schwefeluran.

§. 584. Das Uran verbindet sich mit Schwefel bei der Siedhitze unter Feuerentwicklung zu Uransulphür, US, das auch beim Leiten von Schwefelkohlenstoffdämpfen über glühendes Uranoxydoxydul gebildet wird, gelbschwarz, auf dem Strich schwarz und metallisch ist, an der Luft erhitzt mit Schwefelflamme zu Oxydoxydul verbrennt und wenig von Salzsäure, dagegen leicht und unter Abscheidung von Schwefel durch Salpetersäure angegriffen wird.

Selenuran und Tellururan sind unbekannt.

Verbindungen des Urans mit den Erzzeugern (Phosphor, Arsen und Antimon), so wie mit Bor und Kiesel sind unbekannt. Fluorkiesel Uranfluorür ist ein blaugrüner gelatinöser Niederschlag, der sich nach dem Trocknen wenig in Säuren löst und beim Erhitzen Wasser, Fluorwasserstoffsäure und sublimirte Kieselerde giebt. Legirungen des Urans sind ebenfalls unbekannt.

β. Leicht schmelzbare Metalle.

25. Vom Zink.

Symb. und Aequiv. Zn = 32,528. Atomengew. (H = 1,0) 65,056 oder (O = 100,0) 406,60. Spec. Gewicht = 6,86—7,19. Spec. Wärme = 0,09555.

(Vergl. Bd. 3, S. 54—56.)

Zink und Sauerstoff.

§. 585. Das Zink überzieht sich an der Luft langsam mit einem grauen Häutchen und verbrennt an der Luft bis zu 500° erhitzt mit blendender, bläulich-weißer Flamme zu Zinkoxyd, ZnO. An feuchter Luft überzieht es sich mit Oxydhydrat und, bei Gegenwart von Kohlensäure, mit kohlensaurem Zinkoxyd. Reines Wasser zersetzt es erst in der Glühhitze oder bei Gegenwart einer Säure oder eines Alkalis. Das Zink zersetzt auf trocknem Wege Kohlensäure und Phosphorsäure, auf nassem Wege die Salpetersäure, Chlorsäure, Schwefelsäure, Selensäure, Arsensäure und Molybdänsäuren und entzieht den in Säuren gelösten Oxyden sehr vieler Metalle den Sauerstoff, diese zum Theil als Metalle abscheidend, zum Theil in niedrigere Oxydationsstufen verwandelnd.

Zinksuboxyd, Zn_2O, ist nach Berzelius das graue Häutchen, womit sich das Zink an der Luft überzieht und die weitere Oxydation desselben verhindert; rein erhält man es durch Erhitzen des oxalsauren Zinkoxydes bei Abschluß der Luft.

Zinksuperoxyd bildet sich bei der Behandlung des Zinkoxydhydrats mit wässerigem Wasserstoffsuperoxyd in niederer Temperatur als eine Gallerte, welche schon bei gewöhnlicher Temperatur, noch mehr bei

100^0 Sauerstoffgas entwickelt und sich in wässerigen Säuren zu Wasserstoffsuperoxyd und Zinkoxydsalz löst.

Zinkoxyd (vergl. Bd. 3, S. 217—222).

80,26 — 32,528 Zink	81,22 — 40,528 Zinkoxyd
19,74 — 8,000 Sauerstoff	18,78 — 9,000 Wasser
100,00 — 40,528 Zinkoxyd:	100,00 — 49,528 Zinkoxydhydrat.

Symb. und Aequiv. ZnO = 40,528 und ZnO, Aq. = 49,528.

§. 586. Das Zinkoxyd wird bei der Zinkausschmelzung im Großen zuweilen in gelben, sechsseitigen Säulen von 6,0 spec. Gewicht erhalten (über andere physikalische Eigenschaften vergl. a. a. O.); es wird schon durch schwaches Erhitzen mit Kalium, schwierig durch Glühen mit Wasserstoffgas, leichter durch Glühen mit Kohle, Kohlenoxydgas oder Schwefel zersetzt und bildet mit Wasser das Zinkoxydhydrat, welches gewöhnlich ein weißes, voluminöses Pulver darstellt, aber auch (durch Einwirkung von Ammoniak auf eine Zinkeisenkette) in kleinen, glänzenden, wasserhellen, luftbeständigen, rhombischen Säulen erhalten werden kann.

Das Zinkoxyd findet sich mit Manganoxydul vermengt natürlich als Rothzinkerz in rothen, diamantglänzenden, durchscheinenden, geraden rhombischen Säulen von 6,2 spec. Gewicht.

§. 587. Das Zinkoxyd löst sich im wässerigen und geglühten Zustand leicht in Säuren und bildet mit ihnen die Zinkoxydsalze, Sales zincici, welche meist farblos und im Wasser löslich sind, dann Lakmus röthen und widrig herb, etwas eisenartig schmecken und brechenerregend wirken; sie werden in der Glühhitze zersetzt, wenn die Säure flüchtig oder zersetzbar ist. Die Zinkoxydlösungen werden gefällt: durch ätzende Alkalien als weißes, in überschüssigem Alkali lösliches Zinkoxydhydrat, durch einfach- und doppeltkohlensaure Alkalien als weißes, in kohlensaurem Ammoniak, aber nicht in den übrigen kohlensauren Alkalien lösliches kohlensaures Zinkoxyd, durch kohlensauren Kalk, Strontian, Baryt und Magnesia in der Siedhitze ebenfalls als kohlensaures Zinkoxyd, durch phosphorsaures Natron als weißes, in den Alkalien lösliches phosphorsaures Zinkoxyd, und durch Schwefelwasserstoff aus den Lösungen mit schwachen und den ganz neutralen mit stärkeren Säuren, so wie durch Schwefelalkalimetallen aus allen Lösungen als weißes, in reinen und kohlensauren Alkalien gar nicht, in Essigsäure nur wenig lösliches Schwefelzinkhydrat; ferner durch Oxalsäure weiß, durch Galläpfeltinktur schmutzig weiß, durch Kaliumeisencyanür weiß, gallertartig, und durch Kaliumeisencyanid gelbroth. Keine Zinkoxydlösung wird durch ein schweres Metall oder schwefeligsaures Ammoniak gefällt. Die Zinkoxydsalze geben vor dem Löthrohr beim Erhitzen für sich einen citronengelben, beim Erkalten weiß werdenden Beschlag, mit Borax oder Phosphorsalz ein klares, beim schwachen, stoßweisen Blasen milchweiß und bei überschüssigem Oxyd nach dem Erkalten emailweiß werdendes Glas, und mit salpetersaurem Kobaltoxyd befeuchtet und geglüht ein schön grünes Pulver.

Man erhält die Zinkoxydsalze meist durch Lösen des Metalles oder des reinen, gewässerten oder kohlensauren Oxydes in der Säure, nur wenige durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Salze mit unorganischen Säuren vergl. Bd. 3, S. 1258—1263. Phosphorsaures Zinkoxyd (2ZnO, cPO_5, 3Aq.) scheidet sich beim Vermischen einer heißen Zinkvitriollösung mit einer heißen Lösung von phosphorsaurem Natron in glänzenden Blättchen ab, die $^2/_3$ des Wassers erst beim Schmelzpunkt des Zinns, das letzte $^1/_3$ in der Rothglühhitze abgeben.

Anmerk. Das Zinkoxyd verbindet sich auch mit den Alkalien, Erden

und einigen schweren Metalloxyden, zu sog. zinksauren Salzen, Zincates; die Verbindungen mit Alkalien sind löslich und zum Theil krystallisirbar, die mit den übrigen Basen pulverig. Zinkoxyd-Ammoniak ist eine farblose Lösung, die im gesättigten Zustand durch viel Wasser getrübt wird. Zinkoxyd-Kali und Natron (KO oder NaO, $2ZnO$) können krystallisirt erhalten werden. Zinkoxyd-Alaunerde (ZnO, Al_2O_3) findet sich mit etwas Magnesia und Eisenoxydul (auch Kieselerde) als Gahnit in durchscheinenden, grünen, regelmäßigen Oktaëdern von 4,23 spec. Gewicht.

Zinkwasserstoff soll sich beim Glühen von gerösteter Blende mit Kohle bilden, farblos und von schwach widerlichem Geruch sein und angezündet an der Luft mit bläulich- und gelblich-weißer Flamme verbrennen.

Stickstoffzink bildet sich beim Einströmen der positiven Elektricität durch eine Zinkkugel in eine mit dem negativen Platindraht verbundene Salmiaklösung als eine schwammige, blättrige Masse die nach dem Trocknen grau, nicht metallglänzend, von 4,6 spec. Gewicht und ein Leiter der Elektricität ist.

Kohlenstoffzink findet sich in allen käuflichen Zinksorten, ob jedoch als chemische Verbindung oder als Gemenge, ist unerforscht.

Zink und Salzzeuger.

Chlorzink, chlorwasserstoffsaures Zinkoxyd (vergl. Bd. 3, S. 326).

47,84	32,528	Zink
52,16	35,463	Chlor
100,00	67,991	Chlorzink.

Symb. und Aequiv. $ZnCl = 67,991$. Atom. $Zn\mathbf{Cl}$ ($ZnCl_2$).

§. 588. Zink in dünnen Blättchen verbrennt in Chlorgas bei gewöhnlicher Temperatur mit weißem Licht und nahe bis zum Schmelzen erhitztes Zink unter Funkensprühen zu Chlorzink, welches auch durch Erhitzen von Zinkoxyd und Salmiak erhalten wird, weißlich-grau, halbdurchsichtig und weich wie Wachs ist, in der Hitze schmilzt und bei der Glühhitze in weißen Nadeln sublimirt, durch kalte Schwefelsäure und beim Erhitzen mit Phosphorwasserstoffgas zersetzt wird, an der Luft zerfließt und aus der syrupdicken Lösung bei — 10^0 in wasserhaltigen ($ZnCl$, Aq.), kleinen, sehr zerfließlichen Oktaëdern krystallisirt. Das Chlorzink verbindet sich in zwei Verhältnissen mit Ammoniak und bildet mit den Chloralkalimetallen Doppelsalze.

Zinkoxychlorid von unbestimmter Zusammensetzung bildet sich beim Verdampfen der wässerigen Chlorzinklösung unter Freiwerden von Salzsäure und wird gallertartig; $ZnCl$, $3ZnO$, entsteht beim Kochen der concentrirten Chlorzinklösung mit Zinkoxyd und schlägt sich beim Erkalten in feinen, perlglänzenden Oktaëdern nieder; $ZnCl$, $6ZnO$, $6Aq.$ scheidet sich bei der Zersetzung des Chlorzink-Ammoniaks durch Wasser als ein weißes Pulver ab; $ZnCl$, $9ZnO$, $3Aq.$ fällt beim Verdünnen der bis zur Syrupsdicke verdunsteten Chlorzinklösung mit Wasser als ein sehr zartes weißes Pulver nieder.

Bromzink, bromwasserstoffsaures Zinkoxyd.

28,9	32,528	Zink
71,1	80,000	Brom
100,0	112,528	Bromzink.

Symb. und Aequiv. $ZnBr = 112,528$. Atom. $Zn\mathbf{Br}$ ($ZnBr_2$).

589. Das Zink verbindet sich nur in der Glühhitze mit Brombampf zu Bromzink, welches in weißen Nadeln sublimirt, beim Erhitzen zu einer farblosen oder hellgelben Flüssigkeit schmilzt, an der Luft zerfließt und in Wasser Weingeist, Aether, Ammoniak, Salzsäure und Essigsäure löslich ist.

Das Bromzink läßt sich auch durch Lösen des Zinks in wässerigem Bromwasserstoff, Verdunsten und Sublimiren des Rückstandes erhalten.

Jodzink, iodwasserstoffsaures Zinkoxyd.

20,41 —	32,528	Zink
79,59 —	126,845	Jod
100,00 —	159,373	Jodzink.

Symb. und Aequiv. Zn I = 159,373. Atom. Zn I (ZnI_2).

§. 590. Das Zink verbindet sich leicht mit Jod unter schwacher Wärmeentwicklung zu Jodzink, welches farblos und leicht schmelzbar ist, beim Erhitzen in schönen vierseitigen Nadeln sublimirt, an der Luft erhitzt in Zinkoxyd und Joddampf zerfällt, auch schon bei gewöhnlicher Temperatur durch den Sauerstoff der Luft und durch Schwefelsäure zersetzt wird und an der Luft zerfließt; aus der wässerigen Lösung, welche noch so viel Jod auflösen kann, als sie bereits enthält, schießen beim Verdunsten und Erkalten Oktaëder, beim Verdunsten über Schwefelsäure wasserfreie Cubooktaëder an. Es verbindet sich mit den Jodalkalimetallen.

Wird auch durch Behandlung des Zinks mit Jod und Wasser erhalten; ist Zink überschüssig, so bildet sich beim Erhitzen ein Zinkoxyiodid, welches sich beim Erkalten abscheidet.

Fluorzink, fluorwasserstoffsaures Zinkoxyd.

63,52 —	32,528	Zink
36,48 —	18,834	Fluor
100,00 —	51,362	Fluorzink.

Symb. und Aequiv. Zn F = 51,362. Atom. Zn F (ZnF_2).

§. 591. Das Fluorzink bildet sich bei der Zersetzung des Fluorkaliums mit schwefelsaurem Zinkoxyd oder bei der Digestion des Zinks mit überschüssiger Fluorwasserstoffsäure, schießt aus der sauren Auflösung in kleinen, weißen, undurchsichtigen Krystallen an, löst sich schwierig in Wasser und giebt mit Fluoralkalimetallen farblose, schwerlösliche Doppelsalze.

Ueber Fluorborzink und Fluorkieselzink vergl. S. 273.

Zink und Kieszeuger.

Schwefelzink.

67,03 —	32,528	Zink
32,97 —	16,000	Schwefel
100,00 —	48,528	Schwefelzink.

Symb. und Aequiv. Zn S = 48,528.

§. 592. Das Zink verbindet sich unmittelbar nur bei sehr hoher Temperatur mit Schwefel, nimmt ihn aber bei gehöriger Erhitzung aus Zinnober oder Fünffach-Schwefelkalium unter Feuererscheinung und Explosion auf, damit Schwefelzink bildend, das auch beim Glühen des reinen oder schwefelsauren Zinkoxydes mit Schwefel oder beim Glühen des schwefelsauren Zinkoxydes mit Kohle entsteht. Es findet sich natürlich als Zinkblende in durchsichtigen, blaßgelben (rothen, braunen, schwarzen oder grünen) rhombischen Dodekaëdern von 3,9 bis 4,07 spec. Gewicht; das künstliche stellt eine weiße oder gelbliche, lose zusammenhängende Masse von 3,9235 spec. Gewicht dar. Es schmilzt nur in hoher Temperatur, verflüchtigt sich nicht in der Weißglühhitze, wohl aber in Berührung mit Kohle (als Zink und

Schwefelkohlenstoff?), oxydirt sich nur langsam beim Erhitzen an der Luft, rasch mit Salpeter oder beim Lösen in Salpetersäure (unter Abscheidung von Schwefel), löst sich in concentrirter Schwefelsäure und concentrirter Salzsäure, wird durch Wasserdampf in der Weißglühhitze zersetzt und giebt beim Rothglühen mit kohlensaurem Natron ein geschmolzenes Gemenge von Schwefelnatrium, Schwefelzink und Zinkoxyd. Das Schwefelzink bildet mit Wasser das Schwefelzinkhydrat (ZnS, Aq.), welches bei der Zersetzung eines gelösten Zinksalzes durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelalkalimetall entsteht, weiß und pulverig ist, beim Glühen gelb wird und in Salzsäure, Salpetersäure und etwas in Essigsäure, im frisch gefällten Zustand auch in schwefeliger Säure löslich ist.

Zinkoxysulphuret bildet sich beim Leiten von Wasserstoffgas über glühendes schwefelsaures Zinkoxyd, ist strohgelb und pulverig, und verwandelt sich beim Glühen in Schwefelwasserstoffgas in Schwefelzink und Wasser. Andere Oxysulphurete des Zinks sind der Voltzit, der sich in blaß rosenrothen oder gelblichen, etwas durchscheinenden, aus concentrischen Schalen bestehenden Wärzchen von 3,66 spec. Gewicht vorfindet, und die gelben, hohlen, sechsseitigen Säulen oder blättrigen Massen aus dem Ofenbruch eines Freiberger halbhohen Zinkofens.

Selenzink bildet sich beim Leiten von Selendämpfen über rothglühendes Zink, ist citronengelb und löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Selen. Aus Zinkoxydsalzen schlägt Selenkalium ein blaßrothes Hydrat nieder.

Tellurzink bildet sich unter starker Wärmeentwicklung beim Erhitzen beider Stoffe mit einander, ist grau, metallglänzend, porös, von krystallinischem Bruch, strengflüssig und nicht in verdünnter Schwefelsäure und concentrirter Salzsäure löslich.

Zink und Erzzeuger.

Phosphorzink.

§. 593. Gelindes erwärmtes Chlorzink wird durch Phosphorwasserstoffgas unter Bildung von Salzsäure und Phosphorzink, Zn_3P, zersetzt; letzteres ist schwärzlich und metallglänzend, giebt auf der Kohle vor dem Löthrohr ein Phosphorflämmchen und ist in Salzsäure unlöslich.

Phosphorhaltiges Zink bildet sich beim Aufwerfen von Phosphor auf schmelzendes Zink als eine bleigraue, metallglänzende, etwas ductile, beim Hämmern nach Phosphor riechende und beim Erhitzen an der Luft wie Zink verbrennende Masse beim Glühen von Zink mit Phosphorsäure und Kohle als ein silberweißes, auf dem Bruch muscheliges Sublimat.

Arsenzink bildet sich beim Vermischen von schmelzendem Zink mit Arsenpulver unter lebhaftem Erglühen und dunkelrother Lichterscheinung; es entwickelt in Berührung mit Salzsäure Arsenwasserstoff.

Antimonzink bildet sich leicht, aber ohne Lichtentwicklung, ist hart, spröde und stahlfarben.

Zink verbindet sich nicht mit Bor und Kiesel, aber die Fluoride derselben mit Fluorzink. Fluorborzink (ZnF, BF_3) ist nicht krystallisirbar, aber leicht in Wasser löslich; Fluorkieselzink (3 ZnF, 2 SiF_3) krystallisirt in wasserhaltigen, drei- und sechsseitigen, wasserhellen, luftbeständigen, leicht in Wasser löslichen Säulen.

Zink und Metalle.

§. 594. Das Zink läßt sich ziemlich leicht mit anderen Metalln

zusammenschmelzen. **Zinkkalium** ist spröde, körnig und in der Rothglühhitze schmelzbar, oxydirt sich an der Luft und zersetzt das Wasser; **Zinknatrium** ist bläulich-grau, spröde und feinblättrig und verhält sich gegen Luft und Wasser wie die Kaliumlegirung. **Zinkeisen** ist weißer als Zink, sehr spröde und oxydirbar, sehr strengflüssig und giebt in starker Hitze alles Zink ab. **Zinknickel** bildet sich unter feuriger Explosion und ist sehr spröde. **Zinkkobalt** bildet sich unter rother Lichterscheinung, ist grau, schwammig und auf dem Strich metallglänzend. **Zinkkupfer** bildet sich zum Theil unter Explosion und macht, in verschiedenen Verhältnissen verbunden, die Hauptmasse des **Tombacks**, **Pinschbecks**, **Prinzmetalles**, **Similors**, **Messings** und **mosaischen Goldes** und mit Nickel verbunden des **Argentans**, **Neusilbers** oder **Packfongs** aus. **Zinkamalgam** bildet sich schon in gewöhnlicher Temperatur, noch leichter beim Schmelzen des Zinks, ist spröde, pulverisirbar, zum Theil in sechsseitigen Blättchen krystallisirbar und luftbeständig, löst sich in Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Ammoniak und Salmiak gänzlich oder theilweise, und fällt aus den neutralen Salzen des Mangans, Eisens, Urans und Chroms das Oxyd, aus denen des Kobaltes, Nickels und Kupfers neue Amalgame.

26. Vom Cadmium.

Symb. und Aequiv. Cd = 55,833. Atomengew. (H = 1,0) 111,666 oder (O = 100,0) 696,767. Spec. Gewicht = 8,6—9,0. Spec. Wärme = 0,05669.

(Vergl. Bd. 3, S. 57 und 58.)

Cadmium und Sauerstoff.

§. 595. Das Cadmium verändert sich nur wenig an trockner Luft, überzieht sich aber an feuchter und kohlensäurehaltiger mit einer weißen Decke; beim Erhitzen an der Luft verbrennt es mit braungelbem, geruchlosem Rauch zu **Cadmiumoxyd**, CdO. Es zersetzt das Wasser nur bei hoher Temperatur oder bei Gegenwart einer Säure und löst sich rasch in Salpetersäure.

Cadmiumsuboxyd, Cd_2O, bildet sich beim Erhitzen des oxalsauren Cadmiumoxydes in verschlossenen Gefäßen, ist chromgrün, pulverig, an der Luft wie Zunder brennbar und zerfällt durch Säuren in Oxyd und Metall.

Cadmiumoxyd.

87,47	— 55,833 Cadmium		87,64	— 63,833 Cadmiumoxyd	
12,53	— 8,000 Sauerstoff		12,36	— 9,000 Wasser	
100,00	— 63,833 Cadmiumoxyd:		100,00	— 72,833 Cadmiumoxydhydrat.	

Symb. und Aequiv. CdO = 63,833 und CdO, Aq. = 72,833.

§. 596. Das Cadmiumoxyd ist braungelb, braunroth oder dunkelbraun, pulverig (auch in purpurfarbenen, undurchsichtigen, strahlenförmig vereinigten Nadeln krystallisirbar), wird für sich nicht in der Weißglühhitze, in Berührung mit Kohle schon bei schwacher Glühhitze zersetzt und bildet mit Wasser das **Cadmiumoxydhydrat**, welches weiß ist, an der Luft Kohlensäure anzieht und in der Glühhitze das Wasser verliert.

Man erhält das Oxyd durch Verbrennen des Metalles oder Erhitzen des Hydrates, dieses durch Fällung eines Cadmiumoxydsalzes mit Kali.

§. 597. Das Cadmiumoxyd bildet mit den Säuren die **Cadmiumoxydsalze**, Sales cadmici, die meist farblos sind, im löslichen Zustand Lakmus röthen, einen widrig metallischen Geschmack besitzen, brechenerregend wirken und in der Glühhitze zersetzt werden, wenn die Säure

flüchtig oder zersetzbar ist. Die Lösungen werden gefällt: durch Zink metallisch, durch Alkalien als weißes, in Ammoniak, nicht in den übrigen Alkalien lösliches Oxydhydrat, durch einfach- oder doppelt-kohlensaure Alkalien als weißes, nur in kohlensaurem Ammoniak lösliches kohlensaures Cadmiumoxydhydrat, durch phosphorsaures Natron als weißes phosphorsaures Salz und durch Schwefelwasserstoff und Schwefelalkalimetalle, so wie durch frisch gefälltes Schwefelmangan, Schwefeleisen, Schwefelkobalt und Schwefelnickel als gelbes, in Schwefelalkalimetallen unlösliches Schwefelcadmium; ferner durch Oxalsäure und deren Salze weiß und in oxalsauren Alkalien löslich, durch Kaliumeisencyanür weiß und durch Kaliumeisencyanid gelb, aber nicht durch chromsaure, bernsteinsaure und benzoësaure Salze und Galläpfeltinktur. Die Cadmiumoxydsalze geben vor dem Löthrohr auf der Kohle oder mit kohlensaurem Natron erhitzt einen gelben oder braunrothen Beschlag, mit Borax ein gelbliches, beim Erkalten fast farbloses, bei starker Sättigung aber milchweiß werdendes und mit Phosphorsalz ein klares, beim Erkalten milchweiß werdendes Glas.

Man erhält die Cadmiumoxydsalze durch Lösen des Metalles oder Oxydes in der Säure, nur wenige durch doppelte Affinität (über die wichtigsten Salze vergl. Bd. 3, S. 1264).

Stickstoff-Cadmium bildet sich, wie die Zinkverbindung (vergl. S. 270) und ist schwammig, dunkel bleigrau, nicht krystallinisch und von 4,8 spec. Gewicht.

Cadmium und Salzzeuger.

Chlorcadmium, chlorwasserstoffsaures Cadmiumoxyd.

61,16	— 55,833	Cadmium
38,84	— 35,463	Chlor
100,00	— 91,296	Chlorcadmium.

Symb. und Aequiv. $CdCl = 91{,}296$. Atom. Cd€l ($CdCl_2$).

§. 598. Das Chlorcadmium stellt eine metallisch perlglänzende, durchsichtige Masse von blättrigem Gefüge dar, schmilzt vor dem Glühen und sublimirt bei etwas höherer Temperatur in perlglänzenden, durchsichtigen, glimmerartigen Blättchen, zerfällt an der Luft zu einem weißen Pulver, löst sich leicht in Wasser und krystallisirt hieraus in wasserhaltigen, durchsichtigen, an der Luft verwitternden, rechtwinkeligen Säulen.

Wird durch Lösen des Metalles oder Oxydes in Salzsäure, Verdunsten und starkes Erhitzen des Rückstandes erhalten.

Bromcadmium, bromwasserstoffsaures Cadmiumoxyd.

40,37	— 55,833	Cadmium
59,63	— 80,000	Brom
100,00	— 135,833	Bromcadmium.

Symb. und Aequiv. $CdBr = 135{,}833$. Atom. Cd**Br** ($CdBr_2$).

§. 599. Das Cadmium verbindet sich in der Glühhitze mit Bromdampf unter Bildung weißer Nebel zu Bromcadmium, welches leicht schmilzt, bei stärkerem Erhitzen in weißen, abgerundeten, perlglänzenden Blättchen sublimirt, durch erhitzte Salpetersäure zersetzt wird, und sich in Wasser, Weingeist, Aether, Salzsäure und Essigsäure ohne Zersetzung löst; aus der wässerigen Lösung krystallisirt es beim Verdunsten in langen, weißen, wasserhaltigen (CdBr, 4 Aq.), an der Luft verwitternden Nadeln, welche bei starker Hitze das Wasser abgeben.

Das Cadmium löst sich auch in einem Gemische von Brom und Wasser zu Bromcadmium auf.

Jodcadmium, iodwasserstoffsaures Cadmiumoxyd.

30,56	— 55,833	Cadmium
69,44	— 126,845	Jod
100,00	— 182,678	Jodcadmium.

Symb. und Aequiv. CdI = 182,678. Atom. CdI (CdI_2).

§. 600. Das Cadmium verbindet sich leicht (sowohl auf trocknem, wie auf nassem Wege) mit Jod zu Jodcadmium, welches sehr leicht schmilzt und beim Erkalten (auch aus der wässerigen oder weingeistigen Lösung) in wasserhellen, luftbeständigen, perlglänzenden, sechsseitigen Tafeln krystallisirt; es giebt beim Glühen an der Luft Jod ab.

Fluorcadmium, CdF, ist undeutlich krystallinisch und schwierig in Wasser, leicht in wässeriger Fluorwasserstoffsäure löslich.

Cadmium und Kieszeuger.

Schwefelcadmium.

77,72	— 55,833	Cadmium
22,28	— 16,000	Schwefel
100,00	— 71,833	Schwefelcadmium.

Symb. und Aequiv. CdS = 71,833.

§. 601. Das Cadmium verbindet sich nur schwierig mit Schwefel zu Schwefelcadmium, welches sich leichter beim Erhitzen des Oxydes mit Schwefel oder bei der Fällung eines Cadmiumsalzes mit Schwefelwasserstoff bildet; es kommt natürlich als Greenockit in diamantglänzenden, halb durchsichtigen, honiggelben, doppelt-sechsseitigen Pyramiden von 4,8 bis 4,9 spec. Gewicht und auch als Bestandtheil der Zinkblende vor und stellt künstlich erhalten ein pomeranzengelbes, beim jedesmaligen Erhitzen erst bräunlich und dann carmoisinroth werdendes Pulver dar, schmilzt bei anfangender Weißglühhitze und gesteht beim Erkalten zu durchsichtigen, citronengelben, glimmerartigen Blättchen, wird beim Glühen mit Wasserdampf zersetzt und löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel, in Salzsäure nur schwierig unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff.

Selencadmium und Tellurcadmium sind unbekannt.

Phosphorcadmium ist grau, schwach metallglänzend, sehr spröde und strengflüssig, verbrennt beim Erhitzen an der Luft mit lebhafter Flamme zu phosphorsaurem Cadmiumoxyd und löst sich in Salzsäure unter Entwicklung von Phosphorwasserstoff. Arsencadmium und Antimoncadmium sind unbekannt.

Bor und Kiesel verbinden sich nicht mit Cadmium und die Verbindungen der Fluoride unter einander sind noch unbekannt.

Cadmium und Metalle.

§. 602. Das Cadmium läßt sich leicht mit anderen Metallen zusammenschmelzen; von den Legirungen mit den bereits abgesonderten Metallen kennt man nur genauer das Cadmiumkupfer, welches hell gelbweiß, sehr spröde, von feinkörnig-schuppigem Gefüge und in der Schmelzhitze des Kupfers völlig verdampfbar ist. Cadmiumamalgam bildet sich schon in der Kälte, ist silberweiß, körnig-krystallinisch und in Octaëdern krystallisirbar, hart und brüchig.

27. Vom Blei.

Symb. und Aequiv. Pb = 103,571. Atomengew. (H = 1,0) 207,142 oder (O = 100,0) 1294,645. Spec. Gewicht = 11,445. Spec. Wärme = 0,0314.

(Vergl. Bd. 3, 61 — 63.)

Blei und Sauerstoff.

§. 603. Das Blei überzieht sich schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft mit einem grauen Häutchen und verwandelt sich beim Schmelzen an der Luft gänzlich in ein gelbgraues Pulver (Bleiasche); beim Erhitzen bis zum Verdampfen verbrennt es an der Luft mit weißem Lichte zu Bleioxyd, PbO. Durch Wasser wird es unter gleichzeitiger Einwirkung von Luft bei gewöhnlicher Temperatur in Bleioxydhydrat und dieses in kohlensaures Bleioxyd verwandelt. Das Blei zersetzt in der Weißglühhitze den Wasserdampf und löst sich als Oxyd in Salpetersäure und erhitzter Schwefelsäure unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas oder schwefeliger Säure. Außer dem Oxyd hat das Blei noch zwei höhere Oxydationsstufen, das Bleisuperoxydul, Pb_3O_4, und das Bleisuperoxyd, PbO_2, von denen aber das erstere als eine Verbindung von Bleioxyd und Superoxyd (PbO_2 2 PbO) betrachtet werden kann.

Bleisuboxyd, Pb_2O, ist der graue Ueberzug auf metallischem Blei und wird rein durch Erhitzen des oxalsauren Bleioxydes bei 300° in verschlossenen Gefäßen erhalten, ist matt- oder sammtartig-glänzend schwarz, pulverig, verglimmt beim theilweisen Erhitzen an der Luft wie Zunder und zerfällt in der Glühhitze, durch Säuren und Alkalien in Oxyd und Metall.

Bleisesquioxyd, Pb_2O_3, wird aus Bleioxydsalzen durch unterchlorigsaures Natron niedergeschlagen, ist ein rothgelbes, zartes, nicht krystallinisches Pulver, zerfällt bei der Glühhitze in Bleioxyd und Sauerstoffgas, durch Salpetersäure, Schwefelsäure, Kieselfluorwasserstoffsäure und Essigsäure in Bleioxydsalz und Bleisuperoxyd, wird durch Oxalsäure und Ameisensäure unter Wärmeentwicklung zu Oxyd reducirt und löst sich in Salzsäure zu einer gelben Flüssigkeit, die es beim Vermischen mit Alkalien wieder fallen läßt, aber schon nach einigen Minuten in Chlorblei und Chlor zerfällt.

Bleioxyd, gelbes Bleioxyd (vergl. Bd. 3, S. 225).

92,83	— 103,571	Blei	97,38	— 334,713	Bleioxyd
7,17	— 8,000	Sauerstoff	2,62	— 9,000	Wasser
100,00	— 111,571	Bleioxyd:	100,00	— 343,713	Bleioxydhydrat.

Symb. und Aequiv. PbO = 111,571 und 3 PbO, Aq. = 343,713.

§. 604. Das Bleioxyd stellt ein citronengelbes oder röthlich-gelbes Pulver dar, kann aber auch in blaßgelben rhombischen Oktaëdern und in rothen Würfeln krystallisirt erhalten werden, giebt beim Erhitzen mit Wasserstoffgas, Kohle, Kohlenoxydgas und den Alkalimetallen metallisches Blei, mit Cyankalium metallisches Blei und cyansaures Kali, mit Schwefel Schwefelblei und schwefelige Säure mit wässerigem Chlor Bleisuperoxyd und Chlorblei, wird auch durch Schmelzen mit Schwefelmetallen zersetzt und bildet mit Wasser das Bleioxydhydrat, welches ein weißes, unter dem Mikroskop krystallinisches Pulver darstellt und erst bei 130° oder durch Kochen mit Kalilauge das Wasser verliert; es bläut geröthetes Lakmuspapier und löst sich etwas in Wasser.

Reines Bleioxyd erhält man durch gelindes Glühen des salpetersauren, kohlensauren oder (an der Luft) oxalsauren Bleioxydes, krystallisirtes

durch Schmelzen des amorphen und ruhiges Erkalten oder durch Schmelzen mit Kalihydrat, oder durch ruhiges Erkalten der heiß bereiteten Lösung in ätzenden Alkalien, oder durch Fällung eines Bleisalzes mit überschüssigem Alkali und ruhiges Hinstellen der Flüssigkeit, oder durch Zusammenstellen von Blei mit Wasser und Luft, das Hydrat durch Fällung eines Bleisalzes mit Alkali.

§. 605. Das Bleioxyd hat eine beträchtliche Affinität zu den Säuren und bildet mit ihnen die Bleioxydsalze, Sales plumbici; diese sind bei farbloser Säure ungefärbt, schmecken im löslichen Zustand schrumpfend süß und röthen Lakmus und werden in der Glühhitze nicht zersetzt, wenn die Säure nicht sehr flüchtig oder leicht zersetzbar ist. Die wässerige Lösung wird gefällt durch Zink, Cadmium, Zinn und langsam durch Eisen in metallischen Dendriten, durch ätzende Alkalien als weißes, in überschüssiger Kalilauge lösliches Hydrat oder basisches Salz, durch einfach- und doppelt-kohlensaure Alkalien als weißes, in Kalilauge lösliches kohlensaures Bleioxyd, durch phosphorsaures Natron als weißes, in Kalilauge lösliches phosphorsaures Bleioxyd, durch Schwefelsäure und deren Salze als weißes, nicht in kalten, verdünnten Säuren lösliches, schwefelsaures Bleioxyd, durch Schwefelwasserstoff, Schwefelalkalimetalle und frisch gefälltes Schwefelcadmium, Schwefeleisen, Schwefelmangan, Schwefelkobalt und Schwefelnickel als schwarzes Schwefelblei, durch Phosphorwasserstoffgas als braunes Phosphorblei, durch Chlorwasser als braunes Superoxyd, durch Salzsäure und lösliche Chlormetalle als weißes, in vielem Wasser lösliches Chlorblei, durch unterchlorigsaures Natron als rothgelbes Sesquioxyd, durch Brom als gelbbraunes Superoxyd, durch Bromkalium als weißes Bromblei, durch Jodwasserstoff und Jodkalium als pomeranzengelbes, in Jodkalium lösliches Jodblei, durch arsensaures Natron als weißes arsensaures Bleioxyd, durch chromsaures Kali als gelbes chromsaures Bleioxyd, durch Oxalsäure und deren lösliche Salze als oxalsaures Bleioxyd, durch Kaliumeisencyanür weiß und durch Galläpfeltinktur strohgelb. Die Bleioxydsalze geben vor dem Löthrohr auf der Kohle mit Soda erhitzt ein glänzendes, hämmerbares Metallkorn.

Man erhält die Bleioxydsalze durch Lösen des reinen oder oxydirten Bleis in Säure, mehrere auch durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Bleisalze vergl. Bd. 3, S. 1266—1270. Kohlensaures Bleioxyd findet sich mit kohlensaurem Kalk als Plumbocalcit in durchsichtigen, perlglänzenden, stumpfen Rhomboëdern von 2,824 spec. Gewicht, mit kohlensaurem Zinkoxyd als Zinkbleispath ($6[PbO, CO_2] + ZnO, CO_2$) und mit schwefelsaurem Bleioxyd als Lanarkit ($PbO, SO_3 + PbO, CO_2$) und als Leadhillit ($PbO, SO_3 + 3\,PbO, CO_2$). Phosphorsaures Bleioxyd findet sich mit Alaunerdehydrat als Bleigummi ($3\,PbO, PO_5 + 6\,[Al_2O_3, 3\,Aq.]$) in gelbbraunen, durchscheinenden, amorphen Massen von muscheligem Bruch. Selenigsaures Bleioxyd (PbO, SeO_2) findet sich natürlich in kugeligen, schwefelgelben Massen.

Anmerk. Das Bleioxyd verbindet sich auch mit einigen Salzbasen; die trocken dargestellten Verbindungen sind zuweilen glasartig und die gelösten geben mit Zink in Berührung gesetzt metallisches Blei.

Bleisuperoxydul, rothes Bleioxyd (vergl. Bd. 3, S. 263 u. 264).

90,66 — 310,713 Blei	65,11 — 223,142 Bleioxyd
9,34 — 32,000 Sauerstoff	34,89 — 119,571 Bleisuperoxyd
100,00 — 342,713 Bleisuperoxydul:	100,00 — 342,713 bleisaures Bleioxyd.

Symb. und Aequiv. Pb_3O_4 oder $2\,PbO, PbO_2 = 342,713$.

§. 606. Das Bleisuperoxydul findet sich natürlich als Zersetzungsproduct des Weißbleierzes und oft noch in der Form desselben; es zerfällt bei starker Hitze in Sauerstoff und Oxyd, oxydirt viele Körper bei verschiedenen Temperaturen, giebt mit erhitzter Schwefelsäure Sauerstoffgas und schwefelsaures Bleioxyd, zerfällt durch Salpetersäure, verdünnte Schwefelsäure und mehrere schwächere Säuren in Bleisuperoxyd und Bleioxydsalz, durch wässeriges Chlor oder Brom in Chlor- oder Bromblei und Superoxyd, durch wenig Salzsäure in Superoxyd, Chlorblei und Wasser, durch mehr in Chlorblei und Wasser unter Freiwerden von Chlor, und löst sich in concentrirter Essigsäure zu einer farblosen Flüssigkeit, aus welcher sich allmälig das Bleisuperoxyd abscheidet.

Im Kleinen erhält man das Bleisuperoxydul durch Erhitzen des Bleioxydes mit chlorsaurem und salpetersaurem Kali und durch Kochen des Bleisuperoxydes mit wässeriger Bleioxyd-Kalilösung.

Bleisuperoxyd, braunes Bleioxyd.

86,61	—	103,571	Blei
13,39	—	16,000	Sauerstoff
100,00	—	119,571	Bleisuperoxyd.

Symb. und Aequiv. $PbO_2 = 119{,}751$.

§. 607. Das Bleisuperoxyd findet sich natürlich als **Schwerbleierz** in eisenschwarzen, metallisch-diamantglänzenden, sechsseitigen Säulen von 9,392 bis 9,448 spec. Gewicht und bildet sich bei der Zersetzung gelöster Bleisalze durch den elektrischen Strom, bei der Behandlung des Bleioxydes oder Superoxyduls mit wässerigem Chlor oder Brom oder unterchloriger Säure, oder der Bleisalze mit unterchlorigsaurem Natron, beim Schmelzen des Bleioxydes im Platintiegel oder mit chlorsaurem Kali u. s. w.; es krystallisirt zuweilen in sechsseitigen Tafeln oder Schuppen, stellt aber gewöhnlich ein schwarzroth-braunes Pulver von 8,9 bis 9,19 spec. Gewicht dar, zerfällt am Licht oder beim gelinden Erhitzen in Sauerstoffgas und Superoxydul, beim stärkeren in Bleioxyd, oxydirt viele Stoffe zum Theil unter Feuerentwicklung und giebt mit Schwefelsäure Sauerstoffgas und Bleioxydsalz, mit wässeriger unterchloriger Säure Sauerstoffgas und Chlorblei, und mit wässerigem Chlorwasserstoff, Bromwasserstoff, Jodwasserstoff oder Cyanwasserstoff Wasser, Chlor-, Brom- Jod- oder Cyanblei und freies Chlor, Brom, Jod oder Cyan.

Man erhält das Bleisuperoxyd durch Kochen des Superoxyduls mit hinreichender und verdünnter Salpetersäure und Auswaschen des ungelösten Theils.

Anmerk. Das Bleisuperoxyd kann sich mit mehreren Salzbasen verbinden und damit sog. **bleisaure Salze**, Plumbates, bilden. **Bleisuperoxyd-Kali** oder **bleisaures Kali** (auch **Natron**) erhält man durch Schmelzen des Superoxydes mit Alkalihydrat, Lösen und Verdunsten in deutlichen Krystallen; die wässerige Lösung zerfällt leicht; als **bleisaures Bleioxyd**, $2PbO, PbO_2$, ist das §. 606 beschriebene Bleisuperoxydul zu betrachten.

Kohlenstoffblei ist vielleicht die schwarze, kohlige, bei der Berührung mit Luft sich entzündende Substanz, welche man beim Glühen des essigsauren oder weinsteinsauren Bleioxydes oder des Cyanbleis oder eines Gemenges von Bleioxyd und Kohle in verschlossenen Gefäßen erhält; auch soll sich beim starken Glühen von Kohle und Blei ein Kohlenstoffblei in schwarzen, metallglänzenden Flimmern sublimiren.

Blei und Salzzeuger.

Chlorblei, chlorwasserstoffsaures Bleioxyd.

74,49	—	103,571	Blei
25,51	—	35,463	Chlor
100,00	—	139,034	Chlorblei.

Symb. und Aequiv. $PbCl = 139{,}034$. Atom. Pb€l ($PbCl_2$).

§. 608. Das Blei verbindet sich nur langsam und ohne Feuerentwicklung mit Chlor und löst sich in Salzsäure nur unter Mitwirkung von Luft oder beim Kochen unter Entwicklung von Wasserstoffgas als Chlorblei, welches sich natürlich als Cotunnit vorfindet und schnell durch Einwirkung von Salzsäure auf Bleioxyd oder von löslichen Chlormetallen auf Bleioxydsalze bildet. Es ist ein weißes Krystallpulver, krystallisirt auch aus den heißen Lösungen in seidenglänzenden, sechsseitigen Nadeln und Blättchen, schmilzt unter der Glühhitze und erstarrt beim Erkalten zu einer weißen, durchscheinenden, hornähnlichen Masse von 5,6824 spec. Gewicht; es löst sich nur wenig in kaltem, reichlicher in heißem Wasser, sehr wenig in wasserhaltigem, gar nicht in wasserfreiem Weingeist, reichlich in Salzsäure, wässerigen unterschwefeligsauren Alkalien und essigsaurem Natron. Beim Glühen an der Luft verdampft es zum Theil unter Rücklassung von Bleioxychlorid; durch Schmelzen mit Schwefel wird es zum Theil in Schwefelblei, durch Glühen mit Kohlenoxydgas gänzlich in Phosgengas und Blei, durch Erhitzen mit Phosphorwasserstoffgas unter Abscheidung von Phosphor in Salzsäure und Blei, durch wässerige unterchlorige Säure in Bleisuperoxyd und Chlor und durch wässerige Alkalien in Chloralkalimetalle und Oxychlorid zersetzt.

Das Chlorblei findet sich mit kohlensaurem Bleioxyd als Hornblei oder Bleihornerz ($PbO, CO^2 + PbCl$) in farblosen, durchscheinenden, quadratischen Säulen von 6,06 spec. Gewicht, mit phosphorsaurem oder arsensaurem Bleioxyd als Buntbleierz ($3\,[3\,PbO, c\,PO_5$ oder $AsO_5] + PbCl$) in verschieden gefärbten, fettglänzenden, durchscheinenden Krystallen von 6,9 bis 7,0 spec. Gewicht, mit phosphorsaurem Bleioxyd, Kalk und Eisenoxydul als Nussierit in gelben, grünlichen, oder graulichen, schwach fettglänzenden, stumpfen Rhomboëdern von 5,0 spec. Gewicht.

Bleioxychlorid; Chlorblei und Bleioxyd können sich in mehreren Verhältnissen verbinden; $3\,PbCl, PbO$, wird durch Zusammenschmelzen erhalten, ist blättrig, perlgrau und schwillt im zerriebenen Zustand mit Wasser zu einer weißen Masse auf; $PbCl, PbO$ bildet sich beim Glühen des Chlorbleis an der Luft oder beim Zusammenschmelzen von Chlorblei und kohlensaurem Bleioxyd, ist dunkelgelb, nach dem Erkalten citronengelb, dann perlfarben und krystallinisch; $PbCl, 2\,PbO$ findet sich natürlich als Mendipit in gelbweißen, demantglänzenden, durchscheinenden, geraden rhombischen Säulen von 7,077 spec. Gewicht; $PbCl, 3\,PbO$ wird durch Zusammenschmelzen als eine grüngelbe Masse von blättrigem Gefüge, wasserhaltig ($PbCl, 3\,PbO, Aq.$) durch Fällung des Bleiessigs mit Kochsalzlösung oder durch Zersetzung des Chlorbleis mit einem Alkali oder des Kochsalzes mit Bleioxyd als eine weiße lockere Masse erhalten; $PbCl, 5\,PbO$, durch Zusammenschmelzen erhalten, ist pomeranzengelb; $PbCl, 7\,PbO$, durch Erhitzen des Bleioxydes mit Salmiak erhalten, ist blättrig-strahlig, sehr schön gelb und als Casslergelb bekannt.

Bromblei, bromwasserstoffsaures Bleioxyd.

56,42 —	103,571	Blei
43,58 —	80,000	Brom
100,00 —	183,571	Bromblei.

Symb. und Aequiv. PbBr = 183,571. Atom. PbBr ($PbBr_2$).

§. 609. Das Bromblei bildet sich bei der Einwirkung von Bromwasserstoff auf Bleioxyd oder bei der Zersetzung eines Bleisalzes durch Bromkalium, ist weiß, pulverig-krystallinisch, in weißen glänzenden Nadeln krystallisirbar und von 6,6302 spec. Gewicht, schmilzt bei starker Hitze zu einer rothen Flüssigkeit, die beim Erkalten zu einer weißen hornähnlichen Masse erstarrt, löst sich wenig in kaltem, leichter in heißem oder säurehaltigem Wasser, auch in Ammoniaksalzlösungen, und wird beim Glühen an der Luft, so wie auch durch Salpetersäure und Schwefelsäure zersetzt. Verbindet sich mit Bromalkalimetallen.

Bleioxybromid (PbBr, PbO) bildet sich beim Erhitzen des Bromblei's an der Luft oder eines Gemenges von kohlensaurem Bleioxyd und Bromblei, auch bei der längern Berührung von Bromblei mit Bleizuckerlösung, ist gelbweiß, wird beim Erhitzen citronengelb, rothgelb und braunroth, beim Erkalten wieder gelbweiß, stößt beim Schmelzen dicke weiße Nebel aus und erstarrt beim Erkalten zu einer gelbweißen, durchscheinenden, perlglänzenden Masse.

Jodblei, iodwasserstoffsaures Bleioxyd.

44,95 —	103,571	Blei
55,05 —	126,845	Jod
100,00 —	230,416	Jodblei.

Symb. und Aequiv. PbI = 230,416. Atom. PbI (PbI_2).

§. 610. Das Jodblei bildet sich bei der Zersetzung eines Bleisalzes durch Jodwasserstoff, Jodkalium oder Jodeisen und stellt ein pomeranzengelbes Pulver oder goldgelbe, biegsame, sechsseitige Blättchen oder kurze sechsseitige Säulen oder (auf galvanischem Wege erhalten) Oktaëder dar, ist von 6,03 bis 6,1 spec. Gewicht, färbt sich beim Erhitzen dunkler, schmilzt in stärkerer Hitze zu einer rothbraunen, durchscheinenden Flüssigkeit, die beim Erkalten zu einer gelben Masse erstarrt, ist in starker Glühhitze flüchtig und löst sich wenig in Wasser, leicht in concentrirten Jodalkalimetalllösungen und in concentrirter Essigsäure, woraus es beim Erkalten ausgezeichnet goldglänzend krystallisirt. Es wird durch Erhitzen an der Luft, durch Chlor, Kochen mit Wasser und verschiedenen Metallen oder kohlensauren Salzen und durch wiederholtes Kochen mit Aether zersetzt. Es verbindet sich mit Jodwasserstoff (eine in weißen, seidenglänzenden Nadeln krystallisirende Verbindung) und verschiedenen Jodmetallen.

Bleioxyiodid (PbI, PbO) bildet sich bei der Zersetzung des Jodkaliums mit einem großen Ueberschuß von Bleizuckerlösung oder bei der Fällung mit Bleiessig, ist citronengelb, pulverig, bei 300 bis 350° unter Entwicklung weißer Nebel schmelzbar und giebt an Essigsäure das Oxyd ab. PbI, 3PbO und PbI, 5PbO werden durch Fällung des drittel- oder sechstel-essigsauren Bleioxydes mit überschüssiger Jodkaliumlösung erhalten.

Fluorblei, fluorwasserstoffsaures Bleioxyd.

84,61 —	103,571	Blei
15,39 —	18,834	Fluor
100,00 —	122,405	Fluorblei.

Symb. und Aequiv. PbF = 122,405. Atom. PbF (PbF_2).

§. 611. Das Fluorblei bildet sich bei der Fällung eines Bleisalzes mit Fluorwasserstoffsäure oder einem Fluoralkalimetall, ist pulverig, nicht krystallinisch, leicht schmelzbar und wenig in Wasser oder Fluorwasserstoffsäure, reichlicher in Salpetersäure und Salzsäure löslich; es wird durch Erhitzen an der Luft oder in Wasserdampf oder mit Schwefel und schon in der Kälte durch Schwefelsäure zersetzt.

Bleioxyfluorid bildet sich bei der Behandlung des Fluorbleis mit Ammoniak; ist nur in reinem, nicht in salzhaltigem Wasser löslich.

Blei und Kieszeuger.

Schwefelblei.

86,61	—	103,571	Blei
13,39	—	16,000	Schwefel
100,00	—	119,571	Schwefelblei.

Symb. und Aequiv. $PbS = 119,571$.

§. 612. Das Blei verbindet sich beim Schmelzen mit Schwefel unter Erglühen zu Schwefelblei; dieses bildet sich auch beim Erhitzen des Bleioxydes mit Schwefel und bei der Zersetzung eines Bleisalzes durch Schwefelwasserstoff und Schwefelalkalimetalle. Es findet sich natürlich als Bleiglanz in röthlich-bleigrauen, metallglänzenden Würfeln und Oktaëdern von 7,58 spec. Gewicht; künstlich dargestellt ist es eine bleigraue, auf dem Bruche krystallinische Masse von 7,5052 spec. Gewicht oder ein braunschwarzes Pulver; es schmilzt beim starken Rothglühen und sublimirt bei stärkerer Hitze, wird beim Glühen an der Luft unter Abscheidung von Blei zu schwefeliger Säure und schwefelsaurem Bleioxyd oxydirt, löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und in Königswasser zu schwefelsaurem Bleioxyd und Chlorblei, und in Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas, zersetzt sich nur unvollständig beim Erhitzen mit Wasserdampf, Chlorgas oder Kohle, vollständig beim Weißglühen mit Wasserstoffgas und beim Schmelzen mit hinreichendem kohlensaurem Natron, und fällt im frisch gefällten Zustand aus Kupfer- und Silbersalzen Schwefelkupfer oder Schwefelsilber.

Viertel-Schwefelblei, Pb_4S, bildet sich beim Glühen von Schwefelblei mit metallischem Blei in einem Kohlentiegel, ist matt bleifarbig, weich, feinkörnig, halbgeschmeidig, und auf der Schnittfläche dunkel bleigrau. Halb-Schwefelblei, Pb_2S, entsteht beim Glühen von Schwefelblei mit Blei in einem irdenen Tiegel unter Boraxglas oder beim Rothglühen des schwefelsauren Bleioxyd im Kohlentiegel, ist spröder, von kleinblättrigem Bruch und dunkel bleigrauer Farbe. Fünffach-Schwefelblei bildet sich bei der Zersetzung eines Bleisalzes durch Fünffach-Schwefelkalium als braunrother Niederschlag, der aber schnell in Einfach-Schwefelblei und Schwefel zerfällt.

Selenblei.

72,32	—	103,571	Schwefel
27,68	—	39,631	Selen
100,00	—	143,202	Selenschwefel.

§. 613. Das Selenblei findet sich natürlich als eine dem feinkörnigen Bleiglanz sehr ähnliche Masse von 6,8 spec. Gewicht und bildet sich beim Erhitzen des Bleis mit Selen unter Feuerentwicklung; es stellt eine weiche, poröse, graue, durch Politur silberweiß werdende Masse dar, wird beim Erhitzen in offenen Gefäßen unter Freiwerden von Selen und seleniger Säure verflüchtigt, färbt die Löthrohrflamme blau und verbrennt zu selenig-

saurem Bleioxyd, welches auf der Kohle zuletzt wieder einen silberglänzenden Ueberzug von Selenblei giebt; es giebt an kalte Salpetersäure nur das Blei ab und löst sich in erhitzter als selenigsaures Bleioxyd. Das Selenblei findet sich mit Selenkupfer als Selenkupferblei ($CuSe, 2PbSe$) in hell bleigrauen, glänzenden, derben Massen von 7,0 spec. Gewicht und feinkörnigem Bruch und als Selenbleikupfer ($PbSe, CuSe$) in bleigrau-violetten Trümmern von 5,6 spec. Gewicht.

Tellurblei, $PbTe$, bildet sich leicht beim Zusammenschmelzen beider Stoffe und findet sich natürlich in gelblich-zinnweißen, zerreiblichen Massen, die sich nach den Flächen des Würfels spalten lassen und von 8,159 spec. Gewicht sind.

Blei und Erzzeuger.

Phosphorblei.

§. 614. Das Blei verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit Phosphor; Pb_3P wird durch längeres Einleiten von Phosphorwasserstoffgas in Bleizuckerlösung als ein brauner Niederschlag erhalten, welcher vor dem Löthrohr erhitzt mit einer kleinen Phosphorflamme zu krystallisirendem phosphorsaurem Bleioxyd verbrennt; Pb_2P bildet sich bei der Berührung von Phosphor mit schmelzendem Blei, beim Glühen des Chlorbleis mit Phosphor u. s. w., ist bleifarben, mit dem Messer schneidbar, zerfährt beim Hämmern in Blättchen, läuft an der Luft an und giebt beim Erhitzen vor dem Löthrohr eine Phosphorflamme.

Arsenblei bildet sich ohne Feuerentwicklung beim Zusammenschmelzen von Blei mit Arsen und ist spröde und von blätterigem Gefüge. Die durch Reduction des arsensauren Bleioxydes im Kohlentiegel erhaltene Verbindung ist halb ductil, auf dem Bruche weiß, und giebt beim längeren Weißglühen alles Arsen ab.

Antimonblei, $Pb_{18}Sb$, fand sich in einem Schmelzofen in stahlgrauen, breiten, dünnen, sechsseitigen Säulen von 9,21 spec. Gewicht; Pb_4Sb, durch Zusammenschmelzen erhalten, ist spröde, blättrig, glänzend und blauweiß und entläßt, wie Pb^2Sb, beim Weißglühen gar kein oder nur wenig Antimon (das Letternmetall besteht aus 83 Th. Blei und 17 Th. Antimon). Verbindungen des Schwefelbleis mit Schwefelantimon sind: der Zinkenit (PbS, SbS_3), Plagionit ($3[PbS, SbS_3] + PbS$), der Jamesonit ($2[PbS, SbS_3] + PbS$), das Federerz ($SbS_3, 2PbS$), der Boulangerit ($SbS_3, 3PbS$), der Geokrokonit $SbS_3, 5PbS$) und der Kilbrickenit ($SbS^3, 6PbS$), mit Schwefelantimon und Schwefelkupfer der Bournonit oder das Spießglanzbleierz ($2PbS, Cu_2S, SbS_3$) und mit Schwefelarsen der Antimonkupferglanz ($4PbS, 2CuS, SbS_3, AsS_3$).

Bor verbindet sich nicht mit Blei. Kieselblei ist geschmeidig und hinterläßt beim Lösen in Säuren etwas Kieselerde. Fluorborblei (PbF, BF_3) krystallisirt in kurzen, vierseitigen Tafeln und ist in Wasser nur unter Zersetzung löslich. Fluorkieselblei ($3PbF, 2SiF_3$) ist eine durchscheinende, gummiähnliche Masse.

Blei und Metalle.

§. 615. Das Blei läßt sich leicht mit anderen Metallen zusammenschmelzen. Bleikalium und Bleinatrium sind spröde, feinkörnig und leicht schmelzbar und entwickeln in Wasser und wässerigen Säuren Wasserstoffgas. Bleieisen ist hell stahlgrau, glänzend, hart, ganz spröde, von feinkörnig-blättrigem Bruch und magnetisch. Bleinickel ist grau, wenig glänzend, blättrig und brüchig. Bleikupfer ist röthlich-grau, wenig streckbar oder

spröde und zerfällt beim langsamen Abkühlen in eine kupferreichere strengflüssige und bleireichere leichtflüssige Legirung. Bleizink ist härter als Blei, aber ebenso ductil, und verliert beim Weißglühen alles Zink. Bleiamalgam bildet sich beim Zusammenbringen beider Metalle und ist im festen Zustand zinnweiß, krystallinisch-körnig, pulverisirbar und bei mäßiger Wärme schmelzbar; löst sich in mehr Quecksilber.

28. Vom Wismuth.

Symb. und Aequiv. Bi = 106,60.*) Atomengew. (H = 1,0) 213,20 oder (O = 100,0) 1330,377. Spec. Gewicht = 6,799. Spec. Wärme = 0,03084. (Vergl. Bd. 3, S. 69 und 70.)

Wismuth und Sauerstoff.

§. 616. Das Wismuth bedeckt sich beim Erhitzen bis zum Schmelzen mit einer grauen Haut und verwandelt sich, wenn sie weggenommen wird, gänzlich in ein graues Pulver (Wismuthasche); beim Erhitzen bis zum Kochen verbrennt es mit schwacher, bläulich-weißer Flamme zu Wismuthoxyd, Bi_2O_3, das auch durch längeres Erhitzen der Wismuthasche entsteht. In Berührung mit Luft und Wasser bedeckt sich das Wismuth mit reinen und wasserhaltigen und, bei gleichzeitiger Einwirkung von Kohlensäure, mit kohlensaurem Oxyd. Es zersetzt das Wasser erst in der Weißglühhitze, die Salpetersäure bei gewöhnlicher, die Schwefelsäure in erhöhter Temperatur immer unter Bildung von Oxyd. Dieses kann unter gewissen Umständen noch mehr Sauerstoff aufnehmen und sich in Wismuthsäure, Bi_2O_5, verwandeln.

Wismuthsuboxyd, Bi_2O, bildet sich beim Schmelzen des Wismuthes an der Luft, rein bei der Digestion des basisch-salpetersauren Wismuthoxydes mit überschüssigem Zinnchlorür in verschlossenen Gefäßen; es ist kohlenschwarz, pulverig, verglimmt beim Erhitzen wie Zunder zu Wismuthoxyd, löst sich in erhitzter Salzsäure und zerfällt durch verdünnte Salpetersäure in Metall und Oxyd.

Wismuthsuperoxyd, BiO_2, bildet sich beim Einleiten von Chlorgas in mit Kalilauge aufgeschwemmtes, frisch gefälltes Wismuthoxyd als ein ockergelber Körper, der nach dem Waschen mit verdünnter Salpetersäure schwarzbraun wird; zersetzt sich leicht mit Säuren.

Wismuthoxyd.

89,88 —	213,2	Wismuth
10,12 —	24,0	Sauerstoff
100,00 —	237,2	Wismuthoxyd.

Symb. und Aequiv. Bi_2O_3 = 237,2. Atom. BiO_3 (Bi_2O_3).

§. 617. Das Wismuthoxyd findet sich natürlich als Wismuthocker und stellt ein blaß citronengelbes, beim Erhitzen vorübergehend dunkler bis rothbraun werdendes Pulver oder gelbe, glänzende Nadeln von 8,1735 bis 8,968 spec. Gewicht dar, schmilzt beim Erhitzen zu einer dunkelbraunen, beim Erkalten krystallinisch werdenden Masse, verflüchtigt sich nur in sehr hoher Temperatur, wird durch Kohle, Kohlenoxyd und Alkalimetalle in der Hitze zu Metall reducirt und durch Erhitzen mit Schwefel in Schwefelwismuth verwandelt und bildet mit Wasser ein weißes, pulvriges Hydrat.

Man erhält das Wismuthoxyd durch Erhitzen des Metalles an der Luft

*) Das Aequivalent des Wismuthes wird auch zu 71,069 angenommen, wo dann das Oxyd die Formel BiO erhält, nach welchem Verhältniß die Formeln der Wismuthoxydsalze Bd. 3, S. 1280—1284 aufgestellt sind.

oder gelindes Glühen des salpetersauren oder kohlensauren Wismuthoxydes, im krystallisirten Zustand durch Schmelzen des Oxydes mit Kalihydrat oder durch Kochen des Hydrates mit Aetzlauge, das Hydrat durch Zersetzung des salpetersauren Salzes mit einem Alkali.

§. 618. Das Wismuthoxyd bildet mit den Säuren die **Wismuthoxydsalze**, Sales bismuthici, die im normalen Zustand auf 1 Aequiv. Basis (Bi_2O_3) 3 Aequiv. Säure enthalten, bei ungefärbter Säure farblos sind, giftig wirken, beim Glühen die Säure verlieren, wenn dieß flüchtig oder zersetzbar ist, und sich dadurch auszeichnen, daß sie bei keinem zu großen Säureüberschuß durch Wasser in verdünnte, wenig oxydhaltige Säure und ein schwer- oder unlösliches basisches Salz zersetzt werden. Die Lösungen der Wismuthoxydsalze werden gefällt: durch Eisen, Kupfer, Zink, Cadmium, Blei und Zinn metallisch, durch ätzende Alkalien in der Kälte als weißes Hydrat, in der Siedhitze als gelbes wasserfreies Oxyd, durch kohlensaure Alkalien, alkalische Erden und Magnesia als weißes, etwas in überschüssigem kohlensaurem Alkali lösliches kohlensaures Wismuthoxyd, durch phosphorsaures Natron als weißes phosphorsaures Wismuthoxyd, durch Jodkalium als braunes, im Ueberschuß lösliches Jodwismuth, und durch Schwefelwasserstoff und Schwefelalkalimetalle als braunschwarzes Schwefelwismuth; ferner durch chromsaure Alkalien citronengelb, durch Oxalsäure krystallinisch weiß, durch Galläpfeltinktur braungelb, durch Kaliumeisencyanür weiß (nicht in Salzsäure löslich), und durch Kaliumeisencyanid blaßgelb (in Salzsäure löslich). Die Wismuthoxydsalze geben vor dem Löthrohr auf der Kohle mit Soda erhitzt ein sprödes Metallkorn und einen gelben Beschlag.

Man erhält die Wismuthoxydsalze durch Lösen des Metalles, des reinen oder kohlensauren Oxydes in der Säure, einige auch durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Wismuthoxydsalze vergl. Bd. 3, S. 1280—1284. **Kieselsaures und phosphorsaures Wismuthoxyd** finden sich zusammen als **Kieselwismuth** oder **Wismuthit** ($15 [Bi_2O_3, 2 SiO_3] + 4 Bi_2O_3, 3 PO_5$) in grünen oder gelben, schwachglänzenden, undurchsichtigen Massen von 6,909 spec. Gewicht vor.

Wismuthsäure.

84,2 —	213,2	Wismuth
15,8 —	40,0	Sauerstoff
100,0 —	253,2	Wismuthsäure.

Symb. und Aequiv. Bi_2O_5 = 253,2. Atom. $\mathbf{Bi}O_5$ (Bi_2O_5).

§. 619. Die Wismuthsäure bildet sich beim Glühen des Wismuthoxydes mit Aetzalkali an der Luft oder bei der Einwirkung von Chlor auf in Aetzkalilauge vertheiltes Wismuthoxyd und stellt ein schweres, dunkelbraunes Pulver dar, welches schon bei der Siedhitze des Quecksilbers in Oxyd und Sauerstoffgas zerfällt, durch brennbare Substanzen in der Hitze desoxydirt wird, mit schwefeliger Säure schwefelsaures Wismuthoxyd giebt, durch die meisten Säuren in Oxyd und Sauerstoffgas zerfällt und mit Chlorwasserstoff oder Jodwasserstoff unter Freiwerden von Chlor oder Jod Chlor- oder Jodwismuth giebt.

Man erhält die Wismuthsäure durch Schmelzen des Wismuthoxydes mit Kalihydrat an der Luft, Auswaschen der Masse mit Wasser und Behandeln des Rückstandes mit verdünnter Salpetersäure, Waschen mit Wasser und Trocknen.

§. 620. Die Wismuthsäure bildet nur mit Alkali und Wismuthoxyd zugleich die **wismuthsauren Salze**, Bismuthales; man kennt das **wismuthsaure Wismuthoxyd-Kali** in drei Verbindungsverhältnissen,

nämlich $KO, 6\,Bi_2O_3, 2\,Bi_2O_5$ als eine ockergelbe, luftbeständige Masse, die bei 145° Sauerstoffgas abgiebt, mit verdünnten Säuren Sauerstoff entwickelt und sich sehr rasch in schmelzendem Kali löst; $KO, 2\,Bi_2O_3, 2\,Bi_2O_5, 2\,Aq.$ als ein braunes, und $KO, Bi_2O_3, 2\,Bi_2O_5, Aq.$ als ein purpurfarbiges Pulver.

Jedenfalls ist das oben beschriebene Wismuthsuperoxyd ein wismuthsaures Wismuthoxyd ($4\,Bi\,O_2 = Bi_2O_3, Bi_2O_5$).

Wismuth und Salzzeuger.

Chlorwismuth, chlorwasserstoffsaures Wismuthoxyd.

66,71 — 213,200	Wismuth	1/4 Vol.	Wismuthdampf
33,29 — 106,389	Chlor	1 1/2 „	Chlorgas
100,00 — 319,589	Chlorwismuth:	1 Vol.	Chlorwismuthgas.

Symb. und Aequiv. $Bi^2Cl_3 = 319{,}589$. Atom. $\mathbf{Bi\,Cl_3}$ (Bi_2Cl_6).

§. 621. Das Wismuthpulver verbrennt schon bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas mit blaßblauem Licht zu Chlorwismuth, welches auch durch Erhitzung des Wismuthes mit Quecksilberchlorid oder durch Destillation der eingedampften salzsauren Wismuthlösung erhalten wird, bräunlich- oder graulich-weiß, undurchsichtig, von körnigem Gefüge, leicht schmelzbar und flüchtig ist (spec. Gewicht des Dampfes = 11,35), durch Schwefelsäure nur in der Hitze zersetzt wird und aus der salzsauren Auflösung beim Verdunsten in wasserhaltigen ($Bi_2Cl_3, 3\,Aq.$?) Säulen krystallisirt.

Wismuthoxychlorid ($Bi_2Cl_3, 2\,Bi_2O_3$) bildet sich beim Erhitzen des Chlorwismuthes in Wasserdampf, bei der Sublimation desselben in lufthaltenden Gefäßen, bei der Zersetzung mit Wasser oder Fällung des salpetersauren Wismuthoxydes durch Salzsäure oder Chloralkalimetalle, ist krystallinisch, weiß, beim Erhitzen gelb, und in der Glühhitze ohne Zersetzung schmelzbar, wird durch Chlorgas in dunkler Rothglühhitze, auch durch erhitzte Schwefelsäure und durch erhitzte Kalilauge zersetzt und löst sich in heißer Salpetersäure (bei deren Verdunsten es unverändert zurückbleibt) und in Salzsäure, nicht in Wasser.

Bromwismuth, bromwasserstoffsaures Wismuthoxyd.

47,04 — 213,2	Wismuth
52,96 — 240,0	Brom
100,00 — 453,2	Bromwismuth.

Symb. und Aequiv. $Bi_2Br_3 = 453{,}2$. Atom. $\mathbf{Bi\,Br_3}$ (Bi_2Br_6).

§. 622. Das Wismuth verbindet sich in der Hitze mit Brom unter Wärmeentwicklung zu Bromwismuth, welches stahlgrau, dem Jod ähnlich, und bei 200° zu einer hyacinthrothen Flüssigkeit schmelzbar ist; es siedet nahe beim Dunkelrothglühen und zerfließt an der Luft durch Anziehung von Feuchtigkeit zu einer schwefelgelben Flüssigkeit.

Wismuthoxybromid scheidet sich bei der Zersetzung des Bromwismuthes mit größeren Mengen Wasser ab, wobei kein Wismuth in der sauren Flüssigkeit gelöst bleibt.

Jodwismuth, jodwasserstoffsaures Wismuthoxyd.

35,91 — 213,200	Wismuth
64,09 — 380,535	Jod
100,00 — 593,735	Jodwismuth.

Symb. und Aequiv. $Bi_2I_3 = 593{,}735$. Atom. $\mathbf{Bi\,I_3}$ (Bi_2I_6).

§. 623. Wismuth verbindet sich beim Erhitzen mit seinem gleichen Gewicht Jod und die Verbindung (Bi_4I_3?) sublimirt in metallglänzenden Blättchen; beim Erhitzen mit nahe der doppelten Menge Jod bildet sich

unter Wärmeentwicklung eine graue, spröde Masse, aus welcher Wasser nur etwas Jodwasserstoff aufnimmt. Die den obigen Zahlenverhältnissen entsprechende Verbindung erhält man durch Fällung eines Wismuthsalzes mit Jodkalium als einen braunen, krystallinischen Niederschlag, der sich schon beim Aussüßen etwas zersetzt.

Wismuthoxyiodid bildet sich bei der Behandlung der durch Erhitzen gleicher Theile Wismuth und Jod erhaltenen Verbindung mit kochendem Wasser, ist kastanienbraun und pulverig, und wird durch Eisen oder Zink beim Kochen mit Wasser und durch concentrirte Aetzlaugen, aber nur unvollständig durch verdünnte Laugen, Kalk- und Barytwasser zersetzt.

Fluorwismuth, Bi_2F_3, ist ein weißes Pulver.

Wismuth und Kieszeuger.

Schwefelwismuth.

81,62 —	213,2	Wismuth
18,38 —	48,0	Schwefel
100,00 —	261,2	Schwefelwismuth.

Symb. und Aequiv. $Bi_2S_3 = 261{,}2$. Atom. BiS_3 (Bi_2S_3).

§. 624. Das Schwefelwismuth findet sich natürlich als Wismuthglanz in hell bleigrauen, metallglänzenden, geraden rhombischen Säulen von 6,4 bis 6,5 spec. Gewicht und bildet sich durch Zusammenschmelzen seiner Bestandtheile als eine gleichgefärbte und glänzende, blättrige Masse und bei der Zersetzung eines Wismuthsalzes durch Schwefelwasserstoff als ein schwarzbraunes Pulver (das graue Häutchen womit sich das Wismuthmetall bei gewöhnlicher Temperatur überzieht, ist ebenfalls Schwefelwismuth); es ist strengflüssiger als Wismuth, dehnt sich beim Erstarren stark (um 1/4 des Volumens) aus, wird schon durch Umschmelzen theilweise, so wie durch Glühen mit Wasserdampf, Wasserstoffgas oder Phosphorwasserstoffgas zersetzt und löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung des Schwefels.

Das Schwefelwismuth findet sich mit Schwefelkupfer als Kupferwismuthglanz oder Wismuthkupferglanz in hell bleigrauen, weichen, milden, undeutlichen Säulen und strahligen Massen, mit Schwefelblei als Kobellit (Bi_2S_3, 3 PbS) in dunkelgrauen, metallglänzenden, dem schwarzen Antimon ähnlichen Massen von 6,29 bis 6,32 spec. Gewicht und strahligem Bruch, mit Schwefelblei und Schwefelkupfer als Nadelerz (2 [Bi_2S_3, 3 PbS] + Bi_2S_3, 3 CuS) in stahlgrauen, weichen, sechsseitigen Nadeln von 6,12 bis 6,757 spec. Gewicht, und mit Schwefelnickel als Nickelwismuthglanz in stahlgrauen bis silberweißen, oktaëdrischen Krystallen.

Wismuthsubsulphid, Einfach-Schwefelwismuth, BiS, bildet sich beim Zusammenschmelzen des Schwefelwismuthes mit metallischem Wismuth und krystallisirt in weißgrauen, stark metallglänzenden, dünnen und langen Prismen von 7,29 spec. Gewicht.

Selenwismuth bildet sich beim Zusammenschmelzen beider Stoffe unter schwacher Feuerentwicklung, ist silberweiß, von krystallinischem Bruch und in der Rothglühhitze mit spiegelglänzender Oberfläche schmelzbar.

Tellurwismuth; beide Stoffe lassen sich in jedem Verhältniß zusammenschmelzen; es findet sich mit Schwefelwismuth verbunden als Wismuthtellur (Bi_2S_3, 2 Bi_2Te_3) in hell bleigrauen bis zinnweißen, stark glänzenden, rhomboëdrischen Krystallen von 7,8 bis 8,44 spec. Gewicht.

Wismuth und Erzzeuger.

§. 625. Phosphor wird nur wenig von Wismuth aufgenommen, und macht dieses brüchiger und weniger blättrig; aus salpetersaurem Wismuthoxyd schlägt Phosphorwasserstoffgas schwarzes Phosphorwismuth nieder, welches in der Hitze allen Phosphor entläßt. Arsen läßt sich leicht mit Wismuth zusammenschmelzen und macht dieses röthlich-weiß und von unvollkommen blättrigem Bruch; aus Wismuthsalzen fällt Arsenwasserstoff Arsenwismuth, welches in der Hitze fast alles Arsen verliert. Antimon läßt sich in jedem Verhältniß zusammenschmelzen, wobei sich ein sprödes Gemische von Antimonwismuth bildet.

Bor und Kiesel verbinden sich nicht mit Wismuth.

Wismuth und Metalle.

§. 626. Das Wismuth läßt sich leicht mit anderen Metallen zusammenschmelzen. Wismuthkalium und Wismuthnatrium bilden sich beim Zusammenschmelzen der Metalle unter heftiger Feuerentwicklung, sind zinnweiß und leicht schmelzbar; sie brausen mit Wasser und wässerigen Säuren auf. Wismutheisen ist eine spröde, dem Magnete folgende Metallmasse. Wismuthnickel ist ein sprödes, blättriges Gemische. Wismuthkupfer ist schön roth und großblättrig. Wismuthblei erstarrt als Bi_2Pb_3 bei 129°, als $BiPb_2$ bei 146° und als $BiPb$ bei 143°; $BiPb_3$ schmilzt zwischen 163 und 171° (mit Zinn bildet das Wismuthblei die sog. leichtflüssigen Metalle). Wismuthamalgam bildet sich schon bei gewöhnlicher Temperatur und ist krystallinisch-körnig.

b. Edle Metalle.

29. Vom Quecksilber.

Symb. und Aequiv. Hg = 100,0. Atomengew. (H = 1,0) 200,0 od. (O = 100,0) 1250,0. Spec. Gewicht 13,535—13,613. Spec. Wärme = 0,03332.

(Vergl. Bd. 3, S. 70—76.)

Quecksilber und Sauerstoff.

§. 627. Das Quecksilber bleibt bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unverändert; ist es aber mit fremden Metallen verunreinigt, so bildet es beim anhaltenden Schütteln mit Luft oder Sauerstoffgas ein graues Pulver, den sog. Aethiops per se (vergl. a. a. O. S. 73), welcher ein Gemenge von reinem und oxydirtem Quecksilber und den oxydirten fremden Metallen ist. Beim längern Erhitzen an der Luft bis auf 300° verwandelt es sich nach und nach in Quecksilberoxyd, HgO; dieses bildet sich auch beim Erhitzen des Quecksilbers mit überschüssiger Salpetersäure oder Schwefelsäure. Wird hingegen überschüssiges Quecksilber mit Salpetersäure oder Schwefelsäure oder ein in Wasser gelöstes Quecksilberoxydsalz mit Quecksilber erhitzt, so bildet sich eine niedrigere Oxydationsstufe, das Quecksilberoxydul, Hg_2O.*) Durch Wasser wird das Quecksilber bei keiner Temperatur verändert.

Das Quecksilber soll sich nach der Angabe Einiger (Anthon, Wiggers

*) Das Aequivalent des Quecksilbers wird auch doppelt so groß angenommen, als oben angegeben, in welchem Fall die Formel für das Oxydul = HgO, für das Oxyd = HgO_2 ist; nach letzterer Annahme wurden im dritten Band die Formeln für die Quecksilbersalze aufgestellt.

und A.) etwas in Wasser lösen und die nach 15stündigem Kochen erhaltene Flüssigkeit Gold verquicken. Paton und Favrot, so wie auch Girardin, stellen aber die Löslichkeit in Abrede.

Quecksilberoxydul (vergl. Bd. 3, S. 226).

96,16	— 200,0	Quecksilber
3,84	— 8,0	Sauerstoff
100,00	— 208,0	Quecksilberoxydul.

Symb. und Aequiv. $Hg_2O = 208{,}0$. Atom. **Hg** O (Hg_2O).

§. 628. Das Quecksilberoxydul zerfällt beim starken Erhitzen in Quecksilber und Sauerstoffgas, beim gelinden aber, so wie durch Tageslicht, in Quecksilberoxyd und Sauerstoffgas, durch wässerige phosphorige Säure in Quecksilber und Phosphorsäure, giebt mit Kalium und Natrium beim Schmelzpunkt dieser Metalle unter lebhafter Feuerentwicklung und schwacher Detonation Quecksilber und Alkalimetalloxyd, mit wässerigem Jodkalium gekocht Quecksilberkaliumiodid und Quecksilber oder, bei Ueberschuß von Oxydul, Quecksilberiodür, mit Salmiaklösung gekocht unter Ammoniakentwicklung Quecksilber und Quecksilberchlorid, verpufft beim Schlagen mit Phosphor und wird durch Phosphorwasserstoffgas langsam zersetzt.

Ueber Darstellung, Eigenschaften rc. des Quecksilberoxyduls vergl. a. a. O.

§. 629. Das Quecksilberoxydul bildet mit den Säuren die Quecksilberoxydulsalze, Sales hydrargyrosi; diese sind im normalen Zustand meist weiß, als basische Salze gewöhnlich gelb, und meist in Wasser löslich, röthen Lakmus, schmecken metallisch und wirken nicht sehr heftig auf den thierischen Organismus. Sie werden sämmtlich in der Hitze zersetzt; einige normale Salze zerfallen durch Wasser in lösliches saures und unlösliches basisches Salz, beim Kochen in Quecksilber und basisches Quecksilberoxydsalz, Die Quecksilberoxydulsalze werden aus ihren Lösungen gefällt: durch Kohle, Phosphor und dessen niedrigere Oxydationsstufen, schwefelige Säure, Arsen, Antimon, Eisen, Kupfer, Zink, Cadmium, Blei, Wismuth und Zinn, Zinnchlorür, Eisenvitriol, Blausäure (zur Hälfte, zur anderen Hälfte Quecksilbercyanid bildend) und einige organische Verbindungen, wie Zucker, Terpenthinöl u. s. w. regulinisch; durch ätzende Alkalien als schwarzes Quecksilberoxydul; durch einfach-kohlensaures Kali als gelbes, durch doppelt-kohlensaures Alkali als weißes kohlensaures Quecksilberoxydul, welches sich etwas im Ueberschuß löst und beim Kochen unter Entwicklung von Kohlensäure schwarz wird; durch wenig kohlensaures Ammoniak grau, durch mehr schwarz; durch phosphorsaures Natron als weißes Oxydulsalz; durch Schwefelwasserstoff, Schwefelalkalimetalle, freie geschwefelte Unterschwefelsäure und unterschwefeligsaure Alkalien als schwarzes Quecksilbersulphür; durch Chlorwasserstoff und lösliche Chlormetalle oder Bromwasserstoff und lösliche Brommetalle als weißes Quecksilberchlorür oder Bromür; durch Jodwasserstoff und Jodkalium als grünes, in Jodkalium lösliches Quecksilberiodür; durch chromsaures Kali als ziegelrothes chromsaures Quecksilberoxydul; durch Oxalsäure als weiß oxalsaures Quecksilberoxydul; durch Kaliumeisencyanür weiß, durch Kaliumeisencyanid braungelb, bei längerem Stehen weiß werdend, und durch Galläpfeltinktur braungelb.

Man erhält die Quecksilberoxydulsalze durch Lösen von überschüssigem Quecksilber oder des Oxyduls in Säuren, andere auch durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Quecksilberoxydulsalze vergl. Bd. 3, S. 1293—1305.

Quecksilberoxyd (vergl. Bd. 3, S. 227—231).

92,59 — 100,0	Quecksilber	80,0 — 108,0	Quecksilberoxyd
7,41 — 8,0	Sauerstoff	20,0 — 27,0	Wasser
100,00 — 108,0	Quecksilberoxyd:	100,0 — 135,0	Quecksilberoxydhydrat.

Symb. und Aequiv. $HgO = 108,0$ und $HgO, 3Aq. = 135,0$.

§. 630. Das Quecksilberoxyd zersetzt sich allmählig durch Sonnenlicht, rasch bei der Glühhitze in seine Bestandtheile, verpufft mit Phosphor unter dem Hammer, giebt mit Phosphor und Wasser Quecksilber und Phosphoroxyd, beim Kochen Phosphorquecksilber und Phosphorsäure, und mit phosphoriger Säure Quecksilber und Phosphorsäure, explodirt äußerst heftig beim Erhitzen mit Schwefel, verwandelt schwefelige Säure in Schwefelsäure unter Abscheidung des Metalls, giebt mit Chlorgas in hoher Temperatur Sauerstoffgas, in der Kälte unterchlorige Säure und Quecksilberchlorid, und wird durch erhitztes Kalium, Natrium, Antimonpulver, Zinkfeile, Zinnfeile und kaltes Zinnchlorür zu Metall, durch Eisenoxydulhydrat, Eisenoxydulsalze und erhitzte Zuckerlösung zu Oxydul reducirt; es bildet mit Wasser ein orangefarbenes Hydrat, welches schon bei gelinder Wärme zersetzt wird.

Ueber Darstellung, Eigenschaften u. s. w. des Quecksilberoxydes vergl. a. a. O. Sein Hydrat wird aus Quecksilberchloridlösung durch feuerbeständige ätzende Alkalien niedergeschlagen; der Niederschlag soll nach Einigen aber wasserfreies Oxyd sein.

§. 631. Das Quecksilberoxyd bildet mit den Säuren der Quecksilberoxydsalze, Sales hydrargyrici; diese sind im normalen Zustand meist farblos, als basische Salze aber gewöhnlich gelb, in Wasser schwer oder gar nicht löslich, röthen Lakmus, schmecken unangenehm metallisch und wirken höchst giftig. Sie werden in der Hitze zersetzt und einige zerfallen durch viel Wasser in lösliche saure und oft schön gelbe, unlösliche basische Salze. Die Quecksilberoxydsalze werden aus ihren Lösungen gefällt: durch Kohle und die meisten bei den Quecksilberoxydulsalzen genannten Stoffe metallisch; durch reines und kohlensaures Ammoniak weiß, gewöhnlich als eine Verbindung von Quecksilberamid mit unzersetztem Quecksilberoxydsalz; durch überschüssige ätzende Alkalien hell pomeranzengelb als Oxydhydrat (?); durch kohlensaures Kali und Natron braunroth als kohlensaures Quecksilberoxyd (doppelt-kohlensaures Kali bewirkt aus dem schwefelsauren und salpetersauren Salz sogleich den braunrothen, aus Quecksilberchlorid aber einen weißen, bald röthlich und zuletzt tief purpurroth werdenden Niederschlag, und sind zugleich Ammoniaksalze vorhanden, so ist der Niederschlag durch die feuerbeständigen ätzenden und kohlensauren Alkalien weiß, indem das frei werdende Ammoniak die Fällung bedingt); durch kohlensaure alkalische Erden und Magnesia schon in der Kälte als kohlensaures Quecksilberoxyd; durch phosphorsaures Natron als weißes phosphorsaures Quecksilberoxyd; durch Phosphorwasserstoffgas theils weiß, theils gelb als eine Verbindung von Drittel-Phosphorquecksilber mit unzersetztem Quecksilbersalz; durch Arsenwasserstoff braungelb (aus Quecksilberchlorid anfangs als eine Verbindung von Drittel-Arsenquecksilber mit Quecksilberchlorid, zuletzt als reines Arsenquecksilber); durch wenig Schwefelwasserstoff und Schwefelalkalimetalle weiß als eine Verbindung von Quecksilbersulphid und unzersetztem Quecksilbersalz, durch mehr schwarz als reines Quecksilbersulphid; durch Jodwasserstoff oder Jodkalium als scharlachrothes, sowohl in den Quecksilbersalzen als in Jodkalium lösliches Quecksilberiodid; durch chromsaures Kali gelbroth als chromsaures Quecksilberoxyd; durch Kaliumeisencyanür weiß, nach einiger Zeit bläulich und zuletzt schwarz werdend, und durch Galläpfeltinktur

pomeranzengelb. Salzsäure und Bromwasserstoff verursachen keine sichtbare Erscheinung und die Lösung des Quecksilbercyanids wird nur durch wenige der angeführten Reagentien gefällt.

Man erhält die Quecksilberoxydsalze gewöhnlich durch Lösen des Oxydes in der Säure, das salpetersaure und schwefelsaure Salz durch Behandeln des Metalles mit erhitzter überschüssiger Säure, andere durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Quecksilberoxydsalze vergl. Bd. 3, S. 1293—1305.

Quecksilber und Stickstoff.

Stickstoffquecksilber.

95,54	—	300,0	Quecksilber
4,46	—	14,0	Stickstoff
100,00	—	314,0	Stickstoffquecksilber.

Symb. und Aequiv. $Hg_3N = 314,0$. Atom. Hg_3N (Hg_3N_2).

§. 632. Das Stickstoffquecksilber bildet sich, wenn über durch Fällung erhaltenes Quecksilberoxyd erst bei gewöhnlicher Temperatur bis zur Sättigung, dann bei 150° im Oelbad so lange Ammoniakgas geleitet wird, als sich noch Wasser bildet; es ist dunkel flohbraun und pulverig, verpufft beim Schlagen, Reiben oder Berühren mit Schwefelsäure fast eben so heftig als Jodstickstoff, giebt mit Kupferoxyd vermengt in der Hitze Quecksilber und Stickstoff, mit Kalihydrat Quecksilber und Ammoniak, löst sich in Salpetersäure und verdünnter kochender Schwefelsäure, und bildet mit Salzsäure Salmiak und Chlorquecksilber.

Quecksilberammonium oder **Ammoniumamalgam** (vergl. S. 182 und 183.

Quecksilberamid, HgH_2N, ist eine noch nicht isolirt dargestellte Verbindung, die sich einer Basis ähnlich verhält und sowohl mit Quecksilbersauerstoffsalzen, als auch mit den Chloriden, Bromiden und Jodiden des Quecksilbers verbindet.

Quecksilberoxyd-Ammoniak (H_3N, 3 HgO, 2 Aq.) bildet sich bei der Digestion des Quecksilberoxydes mit wässerigem Ammoniak, ist pulverig, hellgelb oder gelbweiß, bei jedesmaligem Erhitzen braunroth, verpufft auf glühenden Kohlen, zerfällt beim Erhitzen in verschlossenen Röhren in Ammoniak, Stickstoffgas, Wasser, Sauerstoffgas und Quecksilberdampf, und verwandelt sich durch Ueberleiten von Ammoniakgas bei 150° in ein zimmtbraunes Pulver, das beim Erhitzen auf Platinblech sich darauf verbreitet und unter Entwicklung von Wasser und Ammoniakgas in rothes Quecksilberoxyd verwandelt; giebt, mit Salpetersäure zur Trockne verdunstet, während eine schwache Gasentwicklung stattfindet, ein weißes unlösliches Pulver, das sich wie Hg_2HN, $3 HgO, 2 NO_5$ verhält.

Quecksilber und Salzzeuger.

Quecksilberchlorür, chlorwasserstoffsaures Quecksilberoxydul (vergl. Bd. 3, S. 332—339).

84,89	—	200,000	Quecksilber	1 Vol. Quecksilbergas
15,11	—	35,463	Chlor	½ „ Chlorgas.
100,00	—	235,463	Quecksilberchlorür:	1 Vol. Quecksilberchlorürdampf.

Symb. und Aequiv. $Hg_2Cl = 235,463$. Atom. HgCl (Hg_2Cl_2).

§. 633. Das Quecksilber absorbirt schon bei gewöhnlicher Temperatur langsam Chlorgas und verwandelt sich in ein graues, pulveriges Gemenge von Quecksilberchlorür und Quecksilber; beim Kochpunkt verbrennt es in

Chlorgas mit gelbrother Flamme zu Quecksilber-Chlorür und Chlorid (über sonstige Bildung, Darstellung und Eigenschaften des Quecksilberchlorürs vergl. a. a. O.). Das Quecksilberchlorür färbt sich am Licht dunkler, verändert sich nicht beim Erhitzen an der Luft, wird aber durch Wasserdampf oder Kochen mit Wasser in geringer Menge in Quecksilber und Quecksilberchlorid zerlegt, giebt beim Kochen mit Salpetersäure Quecksilberchlorid und salpetersaures Quecksilberoxyd und beim Kochen mit Salzsäure Quecksilberchlorid, bei der Sublimation oder beim Kochen mit Salmiak metallisches Quecksilber und Quecksilberchlorid-Chlorammonium (ähnlich, aber schwächer wirken die Chloralkalimetalle und einige andere Metalle, in der wässerigen Lösung eine Doppelverbindung, auf trocknem Wege aber gewöhnlich Quecksilberchlorid und Quecksilber gebend), zerfällt beim Reiben mit Jod und Wasser in Quecksilberchlorid und Jodid und durch die gelösten Jodide der Alkalimetalle, des Magnesiums, Zinks und Eisens in Quecksilberiodür und Chlormetall, beim Erhitzen mit wenig Schwefel in Chlorid und Quecksilbersulphid, mit mehr Schwefel in letzteres und Chlorschwefel, wird durch kalte schwefelige Säure grau und durch erhitzte unter Freiwerden von Chlor (und wahrscheinlich unter Bildung eines Quecksilbersubchlorürs, Hg_4Cl) grauschwarz gefärbt, ist in kalter Schwefelsäure unveränderlich, wird aber durch siedende unter Entwicklung von schwefeliger Säure und Sublimation von Chlorid in ein Gemenge von diesem und schwefelsaurem Quecksilberoxyd verwandelt, giebt beim Erhitzen in Phosphordampf Phosphorquecksilber und Chlorphosphor und beim Erhitzen mit trocknen Alkalien Quecksilber, Sauerstoffgas und Chloralkalimetall, zersetzt sich mit wässerigen Alkalien in schwarzes Quecksilberoxydul (durch Ammoniak in Quecksilberchlorür-Quecksilberamid) und Chlormetall, tritt an viele Metalle bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur auf nassem oder trocknem Wege das Chlor ab, wird durch schwefelsaures Zinnoxydul besonders rasch beim Erwärmen zu Metall reducirt, bildet mit gefälltem Schwefelantimon allmählig schon bei gewöhnlicher Temperatur Schwefelquecksilber und Chlorantimon und verwandelt sich unter wässeriger Blausäure in metallisches Quecksilber, Quecksilbercyanid und Salzsäure.

Quecksilberchlorür-Ammoniak (H_3N, Hg_2Cl) bildet sich bei der Einwirkung von trocknem Ammoniakgas auf durch Fällung erhaltenes Quecksilberchlorür, ist schwarz und verliert an der Luft oder beim Erhitzen das Ammoniak wieder.

Quecksilberchlorür-Amidür (Hg_2H_2N, Hg_2Cl) bildet sich bei der Einwirkung von wässerigem Ammoniak auf Quecksilberchlorür, ist im feuchten Zustand schwarz, trocken dunkelgrau, giebt beim Erhitzen in einer Glasröhre erst Stickstoffgas und Ammoniakgas, dann unter Erglimmen ein Sublimat von Quecksilberchlorür und Quecksilber, entwickelt beim Kochen mit Jodkaliumlösung allen (mit Kalilauge nur einen Theil) Stickstoff als Ammoniak und verwandelt sich beim Ueberleiten von salzsaurem Gas in ein weißes Gemische von Quecksilberchlorür und Salmiak.

Quecksilberchlorid, chlorwasserstoffsaures Quecksilberoxyd (vergl. Bd. 3, S. 339—346).

73,82 — 100,000	Quecksilber	1 Vol.	Quecksilbergas
26,18 — 35,463	Chlor	1 „	Chlorgas
100,00 — 135,463	Quecksilberchlorid:	1 Vol.	Quecksilberchloridgas.

Symb. und Aequiv. $HgCl = 135{,}463$. Atom. $Hg\text{Cl}$ ($HgCl_2$),

§. 634. Das Quecksilberchlorid (über dessen Bildung, Darstellung und

Eigenschaften a. a. O. zu vergleichen) wird in der wässerigen Lösung am Sonnenlicht zum Theil und unter Freiwerden von Sauerstoffgas und Salzsäure in Quecksilberchlorür verwandelt, zersetzt sich nicht beim Erhitzen an der Luft, giebt beim Erhitzen mit Schwefel Quecksilbersulphid und Chlorschwefel, wird durch schwefelige Säure aus der wässerigen Lösung als Quecksilberchlorür und Quecksilber gefällt und durch Erhitzen mit Schwefelsäure nur zum geringen Theil zersetzt, bildet in der wässerigen Lösung mit wenig Schwefelwasserstoff oder einem Schwefelmetall eine weiße Verbindung von Chlorid und Sulphid, bei mehr reines Sulphid, giebt beim Erhitzen in Phosphordampf Chlorphosphor und Quecksilber und beim Erwärmen der wässerigen Lösung mit Phosphor Salzsäure, Phosphorsäure und Phosphorquecksilber, wird in der wässerigen Lösung durch wenig unterphosphorige Säure als Chlorür, durch mehr als Metall gefällt, bildet beim Erhitzen in Phosphorwasserstoffgas Salzsäure und Phosphorquecksilber, beim Einleiten des Gases in die wässerige Lösung eine Verbindung von Quecksilberchlorid und Phosphorquecksilber, wird durch Arsen und Antimon in Chlorür oder Metall verwandelt und aus der wässerigen Lösung durch Arsenwasserstoff als eine braungelbe Verbindung von Arsenquecksilber und Quecksilberchlorid niedergeschlagen, giebt beim Erhitzen mit feuerbeständigen reinen (auch kohlensauren) Alkalien Quecksilber, Chlormetall und Sauerstoffgas (auch Kohlensäure), wird aus der wässerigen Lösung durch die ätzenden Alkalien als rothbraunes Quecksilberoxychlorid oder gelbes, reines Oxyd, durch Ammoniak als weißes Quecksilberchlorid-Amid niedergeschlagen, zersetzt sich mit vielen Metallen auf trocknem Wege in Chlorür oder Metall unter Bildung eines neuen Chlormetalls, durch Zinnchlorür schon auf nassem Wege, und wird durch viele organische Stoffe aus der wässerigen Lösung und besonders unter Mitwirkung des Lichtes in Chlorür oder Metall und Salzsäure zersetzt. Das Quecksilberchlorid verbindet sich mit Ammoniak, Salzsäure, vielen basischen Chlormetallen (dabei seine saure Reaction verlierend) und verschiedenen Quecksilberverbindungen.

Quecksilberoxychlorid ($HgCl, 3HgO$), bildet sich beim Erhitzen von Quecksilberchlorid und Quecksilberoxyd auf trocknem oder nassem Wege, bei der Fällung der Quecksilberchloridlösung mit unzureichendem Alkali und Kochen des Niederschlages mit der überstehenden Flüssigkeit, oder bei der Fällung der Quecksilberchloridlösung mit einfach- oder doppelt-kohlensaurem feuerbeständigem Alkali, oder beim Kochen der Lösung mit kohlensaurem Kalk; ferner beim Leiten von Chlorgas in mit Wasser vertheiltes und erhitztes Quecksilberoxyd, bei der Fällung der Quecksilberchloridlösung mit Chlorkalk oder bei der Einwirkung von unterchloriger Säure auf metallisches Quecksilber; es stellt ein rothbraunes Pulver oder braunschwarze, glänzende, etwas durchsichtige, kleine Krystalle dar, löst sich besonders in heißem Wasser zu einer das geröthete Lakmuspapier wieder bläuenden Flüssigkeit, zerfällt schon unter der Rothglühhitze in Sauerstoffgas, Quecksilberchlorid, mit wenig Chlorür und zurückbleibendes Quecksilberoxyd, und beim Glühen mit Kalihydrat in Sauerstoffgas, Quecksilber und Chlorkalium, wird durch Kalilauge vollständig zersetzt, giebt mit angesäuerter salpetersaurer Silberlösung Chlorsilber und verwandelt sich beim Erhitzen in trocknem Ammoniakgas unter Bildung von Wasser in gelbes Quecksilberoxychloramid ($HgH_2N, HgCl, 2HgO$).

Quecksilberchlorid-Ammoniak ($H_3N, 2HgCl$) bildet sich beim Erhitzen des Quecksilberchlorides in trocknem Ammoniakgas oder bei

der Destillation des Quecksilbers mit Salmiak, ist im Aeußeren dem reinen Chlorid gleich, schmilzt beim Erhitzen und sublimirt in Tropfen, ohne dabei viel Ammoniak zu verlieren, und löst sich in Wasser unter Zersetzung in Quecksilberchlorid-Chlorammonium, welches sich löst, und in die folgende Verbindung.

Quecksilberchlorid-Amid ($HgH_2N, HgCl$) bildet sich bei der Zersetzung der Quecksilberchloridlösung mit wässerigem Ammoniak (ist das sog. weiße Quecksilberpräcipitat der sächsischen, badischen [vergl. Bd. 3, S. 347] und neuesten preußischen Pharmakopöe); es zerfällt beim langsamen Erhitzen in Ammoniak und Quecksilberchlorid-Ammoniak mit Hinterlassung von rothen, kleinen Krystallschuppen (welche eine Verbindung von Stickstoffquecksilber und Quecksilberchlorid $= Hg_3N, 2HgCl$ sind), ist nicht schmelzbar, entwickelt beim Erwärmen mit den Lösungen der Chlor-, Jod- und Schwefelalkalimetalle, unter Bildung von Quecksilberchlorid, Jodid oder Sulphid, allen, beim Erwärmen mit Kalilauge unter Bildung von hellgelbem Quecksilberoxychloramid ($HgH_2N, HgCl, 2HgO$) nur die Hälfte Stickstoff als Ammoniak, wird durch kochendes Wasser in Quecksilberoxychloramid und Salmiak, durch Kochen mit wässeriger Kupferchloridlösung in Quecksilberchlorid-Chlorammonium und Kupferoxychlorid ($CuCl, 3CuO$) und durch Erhitzen in trocknem Chlorwasserstoffgas in Quecksilberchlorid und Salmiak zersetzt und löst sich leicht in Salzsäure als Chlorid und Salmiak, in Salpetersäure und Schwefelsäure als Chlorid, Oxydsalz und Ammoniak, so wie auch in Ammoniaksalzen und Blausäure.

Quecksilberchlorid-Chlorammonium besteht als $H_4NCl, HgCl$ und als $H_4NCl, 2HgCl$; ersteres wird durch Krystallisation aus der gemischten Lösung der Chlormetalle in wasserhaltigen ($H_4NCl, HgCl, Aq.$), durchsichtigen, langen, rhombischen Säulen und Nadeln erhalten, die bei 40° undurchsichtig werden, bei 100° Wasser verlieren und sich leicht in Wasser zu einer Flüssigkeit lösen, die nicht durch Ammoniak, wohl aber durch Kali weiß gefällt wird; die zweite Verbindung erhält man durch Sublimation beider Chlormetalle in Rhomboëdern, welche leicht schmelzbar sind, nach dem Erstarren eine grauweiße, schwach perlglänzende Masse darstellen; ist bei höherer Temperatur als das Quecksilberchlorid und nur mit theilweiser Zersetzung flüchtig und krystallisirt aus der wässerigen Lösung als $H_4NCl, 2HgCl, Aq.$ in seidenglänzenden Nadeln.

Quecksilberchloramid-Chlorammonium ($HgH_2N, HgCl, H_4NCl$) wird bei Fällung einer gemischten Quecksilberchlorid- und Salmiaklösung durch kohlensaures Alkali erhalten (ist das weiße Quecksilberpräcipitat der bayerischen, hessischen, älteren preußischen schleswig-holsteiner, hannoverschen und östreichischen Pharmakopöe, worüber Bd. 3, S. 347 zu vergleichen) kann in kleinen Rhombendodekaëdern krystallisiren, schmilzt in der Hitze unter Entwicklung von Stickstoffgas und Ammoniakgas und sublimirt dann theils als eine durchsichtige, gummiähnliche, theils als eine weiße, undurchsichtige Masse, die an Wasser Salmiak und Quecksilberchlorid unter Rücklassung von Chlorür abgiebt, wird durch kochendes Wasser in Salmiak und Quecksilberoxychloramid zersetzt und ist in Säuren, selbst in Essigsäure, löslich.

Quecksilberbromür, bromwasserstoffsaures Quecksilberoxydul (vergl. Bd. 3, S. 355).

71,43 — 200,0 Quecksilber		1 Vol.	Quecksilbergas
28,57 — 80,0 Brom		1/2 „	Bromgas
100,00 — 280,0 Quecksilberbromür.		1 Vol.	Quecksilberbromürgas.

Symb. und Aequiv. $Hg_2 Br = 280,0$. Atom. **Hg Br** ($Hg_2 Br_2$).

§. 635. Das Quecksilberbromür (dessen Bildung und Darstellung a. a. O. zu vergleichen) stellt ein weißes Pulver oder lange, in der Hitze gelbe, nach dem Erkalten weißliche Nadeln dar, ist von 7,307 spec. Gewicht, schmelzbar und in schwacher Glühhitze unzersetzt flüchtig, löst sich nicht in Wasser, etwas in einigen Ammoniaksalzen, und zerfällt beim Erhitzen mit Phosphor in Bromphosphor und Phosphorquecksilber, bei der Behandlung mit Kalilauge in Bromkalium und Quecksilberoxydul und beim Kochen mit Brom- oder Chlorammonium in Bromid und Quecksilber.

Das Quecksilberbromür giebt bei der Behandlung mit wässerigem Ammoniak ein graues Pulver, welches Quecksilberkügelchen enthält und beim Erhitzen in Ammoniak, Quecksilber, Bromür und Bromid zerfällt.

Quecksilberbromid, bromwasserstoffsaures Quecksilberoxyd (vergl. Bd. 3. S. 355).

55,55 — 100,0 Quecksilber		1 Vol.	Quecksilbergas
44,45 — 80,0 Brom		1 „	Bromgas
100,00 — 180,0 Quecksilberbromid.		1 Vol.	Quecksilberbromidgas.

Symb. und Aequiv. $Hg Br = 180,0$. Atom. Hg **Br** ($Hg Br_2$).

§. 636. Das Quecksilber verbindet sich schon bei gewöhnlicher Temperatur unter Wärmeentwicklung, aber ohne Feuererscheinung, mit Brom zu Quecksilberbromid (andere Bildungsarten desselben vgl. a. a. O.), welches in zarten, silberglänzenden Blättchen oder weißen Nadeln krystallisirt, von 5,9202 spec. Gewicht, in der Hitze schmelzbar und unzersetzt flüchtig ist, sich schwierig in kaltem, reichlich in heißem Wasser, sehr leicht in Weingeist und noch leichter in Aether löst, in der wässerigen Lösung Lakmus röthet und am Sonnenlicht oder in Berührung mit Quecksilber, Kupfer oder in Bromwasserstoff gelöstem Kupferbromür (unter Abscheidung von Quecksilberbromür) zersetzt wird, mit wenig Schwefelwasserstoff einen weißen, mit mehr einen schwarzen, mit Ammoniak einen weißen, und mit den feuerbeständigen Alkalien einen gelben Niederschlag giebt und durch unterchlorigsaures Natron unter Bildung von Quecksilberoxychlorid, durch unterchlorige Säure unter Freiwerden von Brom und Chlor und durch erhitzte Salpetersäure oder Schwefelsäure unter Abscheidung von Brom zersetzt wird. Das Quecksilberbromid verbindet sich mit Ammoniak, Bromwasserstoff, vielen basischen Brommetallen (dabei seine saure Reaktion verlierend) und verschiedenen Quecksilberverbindungen.

Quecksilberoxybromid ($Hg Br, 3 Hg O$) bildet sich beim Kochen der Bromidlösung mit Quecksilberoxyd, beim Fällen der Lösung mit unzureichendem Kali und Kochen der Flüssigkeit mit dem Niederschlag oder bei der Fällung mit kohlensaurem Natron; es stellt ein citronengelbes Pulver oder gelbe, spießige Krystalle dar, löst sich wenig in heißem Wasser und zerfällt beim gelinden Erhitzen in Sauerstoffgas, Bromid, Bromür und zurückbleibendes Oxyd, beim Erhitzen mit Kalilauge in reines Oxyd und durch Salpetersäure in weißes Bromquecksilber.

Quecksilberbromid-Ammoniak ($H_3 N, 2 Hg Br$) bildet sich beim Ueberleiten von Ammoniakgas über schmelzendes Quecksilberbromid;

giebt an Wasser Bromammonium ab und hinterläßt ein gelbes Pulver, welches mit Schwefelkalium, aber nicht mit Kalilauge, Ammoniak entwickelt.

Quecksilberbromid-Amid (HgH_2N, $HgBr$?) wird aus Quecksilberbromidlösung durch wässeriges Ammoniak als ein weißes Pulver niedergeschlagen, welches beim Erhitzen in Stickstoffgas, Ammoniak, Wasser und Quecksilberbromür zerfällt.

Quecksilberiodür, iodwasserstoffsaures Quecksilberoxydul (vergl. Bd. 3, S. 360).

61,19	—	200,000	Quecksilber
38,81	—	126,845	Jod
100,00	—	326,845	Quecksilberiodür.

Symb. und Aequiv. $Hg_2I = 326,845$. Atom. **Hg I** (Hg_2I_2).

§. 637. Das Quecksilber verbindet sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit Jod zu Quecksilberiodür (über dessen Darstellung und Eigenschaften vergl. a. a. O.), welches sich am Licht dunkelgrün und schwarz färbt, bei der Sublimation in Quecksilber und Superiodür zerfällt, durch Zinnchlorür allmälig grünschwarz, dann schwarz und zuletzt (durch Beimengung von Zinnoxyd) schiefergrau und durch Ammoniak schwarz wird, und durch Jodwasserstoff und verschiedene Jodmetalle in Quecksilberiodid übergeht.

Quecksilbersuperiodür, Hg_4I_3, bildet sich bei der Sublimation des Jodürs, durch längere Einwirkung der Luft und des Lichtes auf frisch gefälltes Jodür und bei der Fällung eines Quecksilberoxydulsalzes mit einer Jodkaliumlösung, in welcher noch halb so viel Jod gelöst worden, als sie bereits enthält; es ist pulverig und gelb, beim Erhitzen roth, schmelzbar und bei rascher Erhitzung in dunkel karminrothen, beim Erkalten gelb werdenden Krystallen flüchtig, wird am Licht dunkel und grünlich und durch Jodwasserstoff und mehrere lösliche Jodmetalle erst in Jodid und Jodür, dieses zuletzt auch in Jodid und Metall zerlegt.

Quecksilberiodid, iodwasserstoffsaures Quecksilberoxyd (vergl. Bd. 3, S. 360—361).

44,08	—	100,000	Quecksilber	1 Vol.	Quecksilbergas
55,92	—	126,845	Jod	1 „	Jodgas
100,00	—	226,845	Quecksilberiodid:	1 Vol.	Quecksilberiodidgas.

Symb. und Aequiv. $HgI = 226,845$. Atom. **Hg I** (HgI_2).

§. 638. Das Quecksilberiodid soll sich natürlich als ein zinnoberähnliches Erz in Mexiko finden und bildet sich bei der Einwirkung von Jod auf Jodür oder Metall, beim Reiben von Jod mit Quecksilberoxydul oder Oxyd oder Wasser, und mit einer Quecksilberlösung oder mit Quecksilbercyanid, bei der Zersetzung eines Quecksilberoxydsalzes durch ein Jodalkalimetall u. s. w. (über Darstellung und Eigenschaften vergl. a. a. O.). Das Quecksilberiodid krystallisirt aus seiner Lösung in Jodkalium in rothen quadratischen Oktaedern, bei der Sublimation in gelben rhombischen Tafeln, die beim Erkalten oder bei der Berührung wieder in die rothe Modifikation übergehen. Es wird durch Kalium beim Zusammenreiben unter Feuerentwicklung und durch viele Metalle bei Gegenwart von Wasser gänzlich oder theilweise zersetzt und durch Zinnchlorür gelbroth, gelb, grüngelb, grün und zuletzt schwarzgrau gefärbt, giebt mit wässerigem Ammoniak ein braunes Pulver, mit den übrigen Alkalien Oxyd oder Oxyiodid, bildet mit Chlorkalklösung erhitzt überiodsauren

Kalk und Quecksilberchlorid, und verbindet sich mit Ammoniak, Jodwasserstoff, vielen basischen Jodmetallen und verschiedenen Quecksilberverbindungen.

Quecksilberoxyiodid ($HgI, 3 HgO$) bildet sich beim Zusammenschmelzen des Oxydes mit dem Jodid oder bei der Zersetzung des Jodides mit unzureichendem Alkali, ist gelbbraun und geht beim Erhitzen mit Ammoniakgas in Quecksilberoxyiodamid über.

Quecksilberiodid-Ammoniak besteht als H_3N, HgI und $H_3N, 2 HgI$; ersteres bildet sich bei der Einwirkung von gasförmigem Ammoniak auf Quecksilberiodid, ist schmutzig weiß und zerfällt an der Luft bald wieder; letzteres entsteht bei der Einwirkung von flüssigem Ammoniak auf Quecksilberiodid oder bei der Zersetzung der Lösung des Quecksilberiodides in Schwefelalkalimetallen durch Ammoniak, stellt weiße Nadeln oder ein weißes Krystallpulver dar und zerfällt rasch an der Luft.

Quecksilberoxyiodamid ($HgH_2N, HgI, 2 HgO$) bildet sich beim Erwärmen des Jodides mit überschüssigem Ammoniak, oder beim Leiten von Ammoniakgas über bis 180° erhitztes Quecksilberoxyiodid, oder bei der Digestion des Quecksilberoxychloramides mit Jodkalium; es stellt ein braunes, oft purpurrothes Pulver dar, schmilzt beim Erhitzen in einer Retorte zu einer dunkelbraunen Flüssigkeit und zerfällt dann unter lebhaftem Fulminiren mit blauem Licht in Quecksilber, Jodquecksilber, Ammoniak und Stickgas, entwickelt beim Erhitzen mit Schwefelbaryum allen Stickstoff als Ammoniak, wird beim Erhitzen mit salzsaurem Gas in Qecksilberiodid, Ammoniak, Quecksilberchlorid, Salmiak und Jodammonium zersetzt und löst sich in Salzsäure und in warmer Jodkaliumlösung.

Quecksilberiodid-Jodammonium ($H_4NI, 2 HgI$) bildet sich beim Lösen des Quecksilberiodides in erhitzter Jodammoniumlösung und krystallisirt aus der Mutterlauge in gelben Nadeln; es verliert in der Hitze Wasser und verflüchtigt sich in höherer Temperatur unter theilweiser Zersetzung.

Quecksilberfluorür, Hg_2F, bildet sich bei der Sublimation des Quecksilberchlorürs mit Fluornatrium, ist weiß und nicht in Wasser löslich.

Quecksilberfluorid, HgF, bildet sich beim Uebergießen des fein zerriebenen Quecksilberoxydes mit concentrirter Fluorwasserstoffsäure als pomeranzengelbes Pulver, welches sich in Wasser ohne Farbe löst und hieraus beim Verdunsten in dunkelgelben Säulen krystallisirt und zum Theil unzersetzt flüchtig ist, aber Platin und besonders Glas angreift; wird durch viel Wasser in ein saures lösliches und gelbes basisches Salz zersetzt.

Quecksilber und Kieszeuger.

Quecksilbersulphür.

92,59	— 200,0	Quecksilber
7,41	— 16,0	Schwefel
100,00	— 216,0	Quecksilbersulphür.

§. 639. Das Quecksilbersulphür bildet sich beim Eintröpfeln von salpetersaurer Quecksilberoxydullösung in Schwefelwasserstoff-Schwefelkaliumlösung oder beim Leiten von Schwefelwasserstoffgas durch essigsaure Quecksilberoxydullösung oder bei der Digestion des frisch gefällten Quecksilberchlorürs mit Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium; ist schwarz und pulverig und zersetzt sich beim gelinden Erwärmen in Quecksilbersulphid und Quecksilber; beim stärkeren Erhitzen destillirt reines, dann geschwefeltes Quecksilber.

Einige Chemiker betrachten das Quecksilbersulphür als ein Gemenge von Sulphid und Quecksilber.

Quecksilbersulphid, Zinnober (vergl. Bd. 3, S. 408—414).

86,2 — 100,0	Quecksilber	6 Vol.	Quecksilbergas
13,8 — 16,0	Schwefel	1 „	Schwefelgas
100,00 — 116,0	Quecksilbersulphid:	9 Vol.	Quecksilbersulphidgas.

Symb. und Aequiv. $HgS = 116,0$.

§. 640. Erhitztes Quecksilber verbindet sich mit bis zum Dickwerden erhitztem Schwefel unter Feuerentwicklung und heftigem Prasseln zu rothem krystallinischem Quecksilbersulphid, welches sich auch beim Erhitzen des Quecksilberoxydes oder drittel-schwefelsauren Quecksilberoxydes mit Schwefel bildet; bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoff, Schwefelmetallen und Schwefelwasserstoff-Schwefelmetallen auf Quecksilber, dessen Oxyde und Salze bildet sich schwarzes amorphes Quecksilbersulphid, welches in Berührung mit überschwefelten Schwefelalkalimetallen langsam, beim Erhitzen schnell in rothes Sulphid (über Darstellung und Eigenschaften der beiden Modifikationen des Quecksilbersulphides vergl. a. a. O.) übergeht. Es verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu schwefeliger Säure, wird durch Glühen in Wasserdampf größtentheils zersetzt, löst sich nur wenig in Salpetersäure, leicht und unter theilweiser Abscheidung des Schwefels in Königswasser, unter Entwicklung schwefeliger Säure in erhitzter Schwefelsäure, giebt bei der Sublimation mit Kohle viel Schwefelkohlenstoff und metallisches Quecksilber, verbrennt in Chlorgas, giebt bei der Erhitzung mit Zinnchlorür auf trocknem Wege Musivgold, auf nassem Wege Quecksilber, Zinnsulphür und Zinnoxyd unter Entwicklung von Salzsäure und Schwefelwasserstoff, und entläßt auf trocknem Wege an feuerbeständige ätzende und kohlensaure Alkalien, sowie an verschiedene Metalle, den Schwefel.

Quecksilberoxysulphid ($HgO, 2HgS$) ist der durch wenig Schwefelwasserstoff aus Quecksilberoxydlösungen erhaltene weiße Niederschlag; eine analoge Verbindung, Quecksilberchlorosulphid ($HgCl, 2HgS$), wird aus Quecksilberchloridlösung niedergeschlagen.

Selenquecksilber bildet sich bei der Erhitzung beider Stoffe ohne Feuerentwicklung und stellt nach Entfernung des überschüssigen Quecksilbers eine feste, zinnweiße Masse dar, welche bei stärkerer Hitze in metallglänzenden Blättern sublimirt; löst sich leicht in Königswasser, schwierig in kochender Salpetersäure. Findet sich mit Selenzink als ein graues Erz zu Culebras, mit Selenblei als Selenquecksilberblei ($PbSe, HgSe$) in weichen, bleigrauen, blättrigen oder körnigen und dichten Massen von 7,3 bis 7,88 spec. Gewicht und mit Schwefelquecksilber als Schwefelquecksilber-Selenquecksilber ($HgSe, 4HgS$) in schwärzlich-bleigrauen, derben, körnigen, dem Fahlerz ähnlichen Massen.

Tellurquecksilber ist zinnweiß und körnig.

Quecksilber und Erzzeuger.

Phosphorquecksilber.

§. 641. Phosphorquecksilber bildet sich beim Erhitzen des Aethiops per se mit Phosphor oder beim Digeriren von Quecksilberoxyd mit Phosphor und Wasser als eine schwarze, schmelzbare und schneidbare Masse, die in der Hitze in Phosphor und Quecksilber zerfällt und an der Luft allmählig den Phosphor durch Oxydation verliert. Beim Erhitzen des Quecksilberchlorürs mit Phosphordämpfen erhält man eine braune, nicht beim Siedpunkt

des Quecksilbers siedende, luftbeständige Verbindung und beim Leiten von Phosphorwasserstoffgas über schwach erhitztes Quecksilberchlorid ein pomeranzengelbes Sublimat, welches beim raschen Erhitzen in Quecksilber und Phosphor zerfällt.

Arsenquecksilber bildet sich beim Vermischen des Arsenpulvers mit erhitztem Quecksilber und ist grau; bildet mit Chlorquecksilber mehrere Verbindungen, nämlich $Hg_3 As, 3 Hg Cl$, welches bei der Zersetzung der Quecksilberchloridlösung mit Arsenwasserstoff entsteht, braungelb ist, und sowohl beim Erhitzen, als auch durch viel Wasser zersetzt wird; $Hg_2 As, 2 Hg Cl$ entsteht bei der Sublimation eines Gemenges von Arsen und Quecksilberchlorür in hyacinthrothen Krystallen neben $Hg As, Hg Cl$, welches durchsichtige, braune, dentritische Krystalle darstellt.

Antimonquecksilber entsteht beim Vermischen von schmelzendem Antimon mit erhitztem Quecksilber, ist weich und verliert an der Luft das Antimon durch Orydation.

Bor und Kiesel verbinden sich nicht mit Quecksilber.

Die Verbindungen des Quecksilbers mit anderen Metallen heißen Amalgame und sind bei den betreffenden Metallen angeführt.

30. Vom Silber.

Symb. und Aequiv. $Ag = 108,0$. Atomengew. $(H = 1,0)$ 216,0 oder $(O = 100,0)$ 216,0. Spec. Gewicht $= 10,47 - 10,51$. Spec. Wärme 0,05701.

(Vergl. Bd. 3, S. 76–81.)

Silber und Sauerstoff.

§. 642. Das Silber verändert sich im festen Zustand bei keiner Temperatur an der Luft (im schmelzenden Zustand nimmt es aus der Luft oder aus darüber geworfenem Salpeter Sauerstoff auf, läßt ihn aber beim Erkalten und, wenn dieses rasch geschieht, unter Aufspratzen und Bildung von kugeligen oder stengeligen Erhöhungen wieder fahren); durch Sauerstoffgas auf der Kohle oder vor dem Knallgasgebläse erhitzt oder durch starke elektrische Funken (als Blattsilber) verbrennt es mit grünlichem Licht zu Silberoryd, $Ag_2 O$. Dieses bildet sich auch beim Lösen des Silbers in Salpetersäure oder erhitzter Schwefelsäure unter Entwicklung von Stickstofforydgas oder schwefeliger Säure. Auf Wasser und ätzende Alkalien wirkt das Silber selbst bei der Glühhitze nicht zersetzend.

Silberorydul, $Ag_2 O$, bildet sich beim Erhitzen des citronensauren (oralsauren und honigsteinsauren) Silberorydes in Wasserstoffgas bis zu 100°; die dunkel weinrothe Lösung des citronensauren Silberoryduls giebt mit Kali einen schwarzen Niederschlag, der beim Trocknen dunklen Metallglanz annimmt, durch Erhitzen in Silber und Sauerstoff, durch Säuren und Ammoniak in Silberoryd und Metall zerfällt und mit Salzsäure ein braunes, unschmelzbares Pulver ($Ag_2 Cl$?) bildet, welches durch Ammoniak in Silberchlorid und Metall zerlegt wird.

Silbersuperoryd, $Ag O_2$, setzt sich aus salpetersaurer Silberlösung am positiven Pol der Volta'schen Säule in schwarzen, metallglänzenden, spröden Nadeln und Octaëdern ab, verknistert in der Lichtflamme, verliert bei 150° Sauerstoff, verpufft mit Phosphor oder Schwefel beim Schlagen, giebt mit Salmiaklösung unter Gasentwicklung Chlorsilber, löst sich in Ammoniak unter rascher Stickstoff-

gasentwicklung als Silberoxydammoniak und unter Entwicklung von Sauerstoffgas in Schwefelsäure und Phosphorsäure, unverändert in Salpetersäure und scheint eine Verbindung von Superoxyd mit salpetersaurem Silberoxyd und Wasser zu sein, da es beim Erhitzen rothe Dämpfe entwickelt und an kochendes Wasser salpetersaures Silberoxyd abgiebt.

Silberoxyd.

93,1 —	108,0	Silber
6,9 —	8,0	Sauerstoff
100,0 —	116,0	Silberoxyd.

Symb. und Aequiv. $AgO = 116,0$.

§. 643. Das Silberoxyd ist ein dunkelbraunes, an der Luft durch Verlust von etwas Sauerstoffgas schwarz werdendes Pulver, welches feuchtes Curcumäpapier bräunt und sich wenig in Wasser löst, eine Füssigkeit bildend, welche alkalisch reagirt, metallisch schmeckt und durch Licht röthlich gefärbt, und durch wenig Kohlensäure getrübt, durch mehr aber wieder aufgehellt wird. Das Silberoxyd wird im Licht oder beim Erhitzen in Sauerstoffgas und Metall zersetzt, durch Wasserstoffgas bei 100° und durch phosphorige Säure bei gewöhnlicher Temperatur reducirt, durch schwefelige Säure nur unvollständig in Metall und schwefelsaures Silberoxyd zersetzt und durch Zink, Cadmium, Kupfer und Zinn (aber nicht durch Eisen und Quecksilber) unter Wasser in Metall verwandelt und giebt mit wässeriger, unterchloriger Säure Chlorsilber, Sauerstoffgas und wenig Chlorgas.

Man erhält das Silberoxyd durch Fällung des salpetersauren Silberoxydes mit wässerigem Kali oder Baryt, oder durch Kochen des frisch gefällten, noch feuchten Chlorsilbers mit überschüssiger Kalilauge.

§. 644. Das Silberoxyd bildet mit den Säuren die Silberoxydsalze, Sales argentici, die meist farblos und zum Theil in Wasser löslich sind und sämmtlich durch Glühen zersetzt werden. Die löslichen Silbersalze haben einen stark metallischen Geschmack, wirken scharf giftig und röthen, wenn die Säure gesättigt ist, nicht Lakmus. Die Lösungen der Silbersalze werden gefällt: durch Phosphor und dessen niedrigere Oxydationsstufen, Phosphorwasserstoffgas, schwefelige Säure, Tellur, Arsen, Antimon, Mangan, Eisen, Kupfer, Zink, Cadmium, Blei, Wismuth, Quecksilber, Zinn, Manganoxydulhydrat, Uranoxydul, schwefelsaures Eisenoxydul, Zinnchlorür und mehrere organische Verbindungen metallisch; durch wenig Ammoniak als weißes, in mehr Ammoniak lösliches Silberoxyd-Ammoniak; durch die übrigen ätzenden Alkalien als braunes Silberoxyd; durch einfach- und doppelt-kohlensaure Alkalien als weißes, in kohlensaurem Ammoniak lösliches kohlensaures Silberoxyd; durch gewöhnliches phosphorsaures Natron als citronengelbes, durch pyro- und metaphosphorsaures als weißes phosphorsaures Silberoxyd; durch iodsaures und bromsaures Kali weiß und leicht in Ammoniak löslich; durch arsenigsaures Alkali eigelb; durch arsensaures Kali braunroth, durch Schwefelwasserstoff, Schwefelalkalimetalle und frisch gefälltes Schwefelmangan, Schwefeleisen, Schwefelnickel, Schwefelkobalt und Schwefelcadmium als braunschwarzes Schwefelsilber; durch Salzsäure und lösliche Chlormetalle als weißes, am Lichte violett werdendes, in verdünntem Ammoniak lösliches Chlorsilber; durch Bromwasserstoff und lösliche Brommetalle als gelbweißes, wenig in verdünntem, leicht in concentrirtem Ammoniak lösliches Bromsilber; durch Jodwasserstoff und lösliche Jodmetalle als hellgelbes, nicht merklich in Ammoniak lösliches Jodsilber; durch chrom-

saures Kali als dunkel purpurrothes chromsaures Silberoxyd; durch Oxalsäure als weißes oxalsaures Silberoxyd; durch Blausäure und wässerige Cyanmetalle als weißes Cyansilber; durch Schwefelcyankalium als weißes Schwefelcyansilber; durch Kaliumeisencyanür weiß und durch Kaliumeisencyanid rothbraun. Galläpfeltinktur ist bei gewöhnlicher Temperatur ohne Reaktion, schlägt aber in der Siedhitze metallisches Silber nieder. Die Silberoxydsalze geben vor dem Löthrohr auf der Kohle mit Soda ein Silberkorn und mit Borax und Phosphorsalz in der äußern Flamme durchsichtige, beim Erkalten opalisirende und in der inneren Flamme durch stattgefundene Reduktion graue Gläser.

Man erhält die Silberoxydsalze durch Lösen des Metalles in oxydirend wirkenden (Salpetersäure und Schwefelsäure) oder des Oxydes in anderen Säuren, andere durch doppelte Affinität. Ueber die wichtigsten Silberoxydsalze vergl. Bd. 3, S. 1307—1313.

Anmerk. Das Silberoxyd verbindet sich auch mit Ammoniak; wird frisch gefälltes Silberoxyd mit concentrirtem Ammoniak digerirt oder die amoniakalische Lösung des Chlorsilbers mit Kalihydrat gefällt, so bildet sich Silberoxyd-Ammoniak als ein schwarzes Pulver, welches bei geringen Veranlassungen (Berührung, Stoß, Reiben, Erwärmen u. s. w.) unter heftiger Verpuffung zersetzt und deßhalb, sowie nach dem Entdecker, Berthollet'sches Knallsilber benannt worden ist. Aus der ammoniakalischen Flüssigkeit, welche von dem Knallsilber abgegossen worden, scheiden sich beim Aussetzen an die Luft schwarze, fast metallglänzende, undurchsichtige Krystalle ab, die schon beim Schütteln mit der Flüssigkeit mit großer Heftigkeit explodiren und wahrscheinlich die reine Verbindung sind; sie setzen sich auch aus der Lösung des Silberoxydes in überschüssigem Ammoniak ab.

Kohlenstoffsilber kann in mehreren Verhältnissen bestehen; Ag_2C bildet sich beim längeren Schmelzen des Silbers mit Kienruß; AgC bleibt beim Glühen des cuminsauren Silberoxydes in offenen Gefäßen als ein gelber, matter, in verdünnter Salpetersäure unter Abscheidung von Kohle löslicher Rückstand oder beim heftigen Glühen des Silbercyanürs als eine mattweiße, geschmolzene, beim Lösen in Salpetersäure ein Netzwerk von reiner Kohle hinterlassende Masse; AgC_2 setzt sich beim längeren Erhitzen der wässerigen Lösung von brenztraubensaurem Silberoxyd im Wasserbad als ein graues, unter dem Polirstahl Metallglanz annehmendes Pulver ab oder bleibt beim Erhitzen des maleïnsauren Silberoxyds als eine graue metallische Masse zurück.

Silber und Salzzeuger.

Chlorsilber, chlorwasserstoffsaures Silberoxyd.

75,28	—	108,000	Silber
24,72	—	35,463	Chlor.
100,00	—	143,463	Chlorsilber.

Symb. und Aequiv. $AgCl = 143,463$. Atom. $Ag\,Cl$ ($AgCl_2$).

§. 645. Das Silber wird durch trocknes oder wässeriges Chlorgas nur langsam, durch Salzsäuregas in der Glühhitze aber rasch in Chlorsilber verwandelt; dieses bildet sich auch bei der Einwirkung von wässeriger Salzsäure, besonders an der Luft oder bei der Gegenwart leicht desoxydirbarer Substanzen, oder der unterchlorigen Säure auf metallisches Silber, bei der Einwirkung von wässeriger Salzsäure oder erhitzter Chloralkalimetalllösungen auf Silberoxyd und dessen Salze, beim Erhitzen des Brom-, Jod- oder Schwefelsilbers mit Chlorgas u. s. w. Das Chlorsilber findet sich natürlich

als **Hornsilber** in grauweißen, fettig-diamantglänzenden, durchscheinenden Würfeln und Oktaëdern, auch in derben, perlgrauen Massen, stellt frisch gefällt weiße, käsige Flocken dar (kann aber aus der ammoniakalischen oder salzsauren Auflösung auch in Oktaëdern krystallisiren), die sich am Licht violett färben und zu einer zusammenhängenden Masse eintrocknen, schmilzt in der Hitze und erstarrt beim Abkühlen unter beträchtlicher Ausdehnung zu einer farblosen, durchsichtigen, das Licht stark brechenden, hornähnlichen Masse von 5,45 — 5,54 spec. Gewicht, ist bei hoher Temperatur unzersetzt flüchtig und wird durch Glühen mit Kohle oder Kohlenoxydgas, durch Erhitzen mit Phosphor oder schwefeligsauren Alkalien, durch Schmelzen mit reinen oder kohlensauren Alkalien, und in Berührung mit Arsen, Antimon, Eisen, Kupfer, Zink, Cadmium, Blei, Wismuth, Quecksilber und Zinn unter Gegenwart von Wasser oder wässeriger Salzsäure reducirt und durch erhitzte Schwefelsäure und wässerige Alkalien in Oxyd verwandelt. Das Chlorsilber löst sich nicht in Wasser, reichlich in Ammoniak und concentrirter Salzsäure, weniger in Bromwasserstoff und einigen Chlormetallen, mehr in unterschwefeligsauren Alkalien, einigen Ammoniaksalzen und in salpetersaurem Quecksilberoxyd, und absorbirt beim Schmelzen etwas Chlorgas, das es aber beim Erkalten wieder entläßt.

Silbersubchlorür, Ag_2Cl?, bildet sich bei der Einwirkung von fein zertheiltem Silber auf wässeriges Eisenchlorid, Kupferchlorid oder Quecksilberchlorid, oder bei der Zersetzung des Silberoxyduls mit Salzsäure (vielleicht auch bei Einwirkung des Lichtes auf feuchtes Chlorsilber), ist schwarz, unter dem Polirstahl metallglänzend, und zerfällt beim Erhitzen oder bei der Behandlung mit Ammoniak, concentrirter Salzsäure und kochender Kochsalzlösung in Metall und Chlorsilber.

Bromsilber, bromwasserstoffsaures Silberoxyd.

57,45	—	108,0	Silber
42,55	—	80,0	Brom.
100,00	—	188,0	Bromsilber.

Symb. und Aequiv. $AgBr = 188{,}0$. Atom. $Ag\,Br$ ($Ag\,Br_2$).

§. 646. Das Bromsilber bildet sich bei der Zersetzung des salpetersauren Silberoxydes mit Brom, Bromwasserstoff oder einem löslichen Brommetall; es ist gelb, von 6,3534 spec. Gewicht, krystallisirt aus den Lösungen in Oktaëdern, schmilzt in der Hitze zu einer röthlichen Flüssigkeit, die beim Abkühlen zu einer gelben, durchscheinenden, hornähnlichen Masse erstarrt, schwärzt sich im feuchten Zustand an der Luft und wird nur bei starker Glühhitze durch kohlensaures Natron und bei gewöhnlicher Temperatur durch Zink unter Mitwirkung verdünnter Schwefelsäure reducirt und durch Chlor, unterchlorige Säure und erhitzte Schwefelsäure, aber erst durch siedende Salpetersäure zersetzt. Es löst sich nur in concentrirtem Ammoniak, Bromwasserstoff und Chlorwasserstoff, wenig in Bromalkalimetallen, einigen Ammoniaksalzen und salpetersaurem Quecksilberoxyd.

Das Bromsilber findet sich natürlich mit viel arsensaurem und kohlensaurem Bleioxyd in Meriko in gelblich-olivengrünen Würfeln und Oktaëdern von 5,8 bis 6,0 spec. Gewicht und mit Chlorsilber in einem Erze aus Chili.

Jodsilber, iodwasserstoffsaures Silberoxyd.

45,99	—	108,000	Silber
54,01	—	126,845	Jod
100,00	—	134,845	Jodsilber.

Symb. und Aequiv. $AgI = 134{,}845$. Atom. $Ag\,I$ ($Ag\,I_2$).

§. 647. Silber verbindet sich beim Erhitzen mit Jod zu Jodsilber, welches sich auch bei der Zersetzung eines Silbersalzes mit Jodwasserstoff oder einem gelösten Jodmetall bildet; es ist blaßgelb, bei jedesmaligem Erhitzen dunkelgelb, schmilzt beim schwachen Rothglühen zu einer rothen Flüssigkeit, die nach der Abkühlung eine weiche, schmutziggelbe, undurchsichtige Masse von körnigem Bruch und 5,614 spec. Gewicht darstellt, ist vor dem Löthrohr mit grüner Flamme und weißem, stechendem Rauch flüchtig, bräunt sich am Licht und wird durch schmelzendes Kalihydrat und durch Eisen oder Zink unter Mitwirkung des Wassers reducirt und durch ätzende Alkalien selbst in der Siedhitze nur unvollständig, durch kohlensaure Alkalien noch weniger, durch kohlensaure alkalische Erden und Magnesia gar nicht auf nassem Wege, vollständig aber durch Chlor, erhitzte Salpetersäure und Schwefelsäure zersetzt. Das Jodsilber löst sich fast gar nicht in Ammoniak (wird aber dadurch blässer gefärbt), aber ziemlich in den concentrirten Lösungen des Jodkaliums, Chlorkaliums und Chlornatriums, so wie auch in salpetersaurem Quecksilberoxyd.

Das Jodsilber findet sich natürlich in einem mexikanischen Erze als perlgraue, durchscheinende, geschmeidige Masse, welche die Löthrohrflamme violett färbt.

Fluorsilber, fluorwasserstoffsaures Silberoxyd.

85,15	— 108,000	Silber
14,85	— 18,834	Fluor
100,00	— 126,834	Fluorsilber.

Symb. und Aequiv. $AgF = 126{,}834$. Atom. $Ag\bar{F}$ (AgF_2).

§. 648. Reines oder kohlensaures Silberoxyd löst sich in wässeriger Fluorwasserstoffsäure; beim Verdunsten hinterbleibt eine nicht krystallisirbare Masse, welche wie Chlorsilber schmilzt und beim Abkühlen zu einer grauschwarzen, klingenden, etwas dehnbaren Masse von blättrig-strahligem Bruch erstarrt, beim längeren Glühen an der Luft zum Theil reducirt wird, an der Luft zerfließt und sich in Wasser löst; die Lösung schmeckt stark metallisch, schwärzt die Haut und wird durch Salzsäure und Alkalien gefällt.

Beim wiederholten Lösen und Abdampfen des Fluorsilbers scheint sich eine basische Verbindung zu bilden, die in Wasser unlöslich ist und sich in kleinen, zarten, metallglänzenden, goldfarbigen Blättchen absetzt.

Silber und Kieszeuger.

Schwefelsilber.

67,1	— 108,0	Silber
12,9	— 16,0	Schwefel
100,0	— 124,0	Schwefelsilber.

Symb. und Aequiv. $AgS = 124{,}0$.

§. 649. Das Silber verbindet sich beim Erhitzen mit Schwefel zu Schwefelsilber; dieses bildet sich auch beim Erhitzen des Silbers mit Kalischwefelleber oder bei Zersetzung eines Silbersalzes mit Schwefelwasserstoff oder verschiedenen Schwefelmetallen, und bildet den dünnen gelben, später braun werdenden Ueberzug, mit dem Silber durch die Ausdünstungen der Menschen, Kloaken u. s. w. anläuft. Das gefällte Schwefelsilber stellt schwarzbraune Flocken, das durch Schmelzen erhaltene eine schwärzlich-bleigraue, geschmeidige, leicht schmelzbare Masse von 6,85 spec. Gewicht dar (kann auf galvanischem Wege in Oktaëdern krystallisirt erhalten werden); es wird beim Glühen an der Luft in schwefelige Säure und Silber, beim Glühen in

Wasserstoffgas in Schwefelwasserstoffgas und Silber, beim Glühen mit Wasserdampf nur oberflächlich in Silber und Schwefelwasserstoffgas, beim Erhitzen mit Chlorgas in Chlorsilber und Chlorschwefel, beim Schmelzen mit Eisen in Schwefeleisen und Silber, beim Schmelzen mit Blei in Schwefelblei und Silberblei und auf nassem Wege durch Kupferchlorid nur unter Gegenwart von Kochsalz in Chlorsilber und Schwefelkupfer zersetzt und löst sich unter Abscheidung von Schwefel in Salpetersäure, nicht in Ammoniak, schwefeliger Säure und salpetersaurem Silberoxyd.

Das Schwefelsilber findet sich natürlich als Silberglaserz oder Glanzerz in schwärzlich-bleigrauen, metallglänzenden, geschmeidigen Würfeln von 7,0 spec. Gewicht, mit Schwefelarsen als lichtes Rothgiltigerz ($3AgS, AsS_3$) in halbdurchsichtigen, diamantglänzenden, cochenillrothen, rhomboëdrischen Krystallen von 5,53—5,59 spec. Gewicht, mit Schwefelantimon als Miargyrit (AgS, SbS_3) in dunkel bleigrauen bis eisenschwarzen, undurchsichtigen, weichen und milden Massen von 5,3 spec. Gewicht, als dunkles Rothgiltigerz ($3AgS, SbS_3$) in braunrothen bis dunkelbleigrauen, durchscheinenden, rhomboëdrischen Krystallen von 5,7 bis 5,9 spec. Gewicht, als Sprödglaserz oder Schwarzgiltigerz ($6AgS, SbS_3$) in dunkel bleigrauen bis eisenschwarzen Krystallen von 6,275 spec. Gewicht, mit Schwefeleisen als Sternbergit ($AgS, 3FeS, FeS_2$) in dunkel tombackbraunen, sehr milden, biegsamen Krystallen von 4,215 spec. Gewicht, mit Schwefelkupfer als Silberkupferglanz (AgS, Cu_2S) in dunkelbleigrauen bis eisenschwarzen, stark glänzenden, sechsseitigen Säulen von 6,255 spec. Gewicht, mit Schwefelkupfer, Schwefelarsen und Schwefelantimon als Polybasit ($Ag_{60}\ Cu_{30}\ As_5\ Sb_4\ S_{120}$) in eisenschwarzen, stark glänzenden, regelmäßig sechsseitigen Säulen von 6,214 spec. Gewicht, mit Schwefelblei und Schwefelantimon als Schilfglaserz ($2AgS, 3PbS, 2SbS_3$) in stahlgrauen bis schwärzlichbleigrauen, geraden rhombischen Säulen von 6,194 spec. Gewicht.

Selensilber.

73,16	—	108,000	Silber
26,84	—	39,631	Selen.
100,00	—	147,631	Selensilber.

Symb. und Aequiv. $AgSe = 147,631$.

§. 650. Das Silber verbindet sich in der Hitze mit Selen und wird schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Selendämpfe, selenige Säure und Selenwasserstoff geschwärzt; der aus Silberoxydsalzen durch Selenwasserstoff gebildete Niederschlag ist schwarz, nach dem Trocknen dunkelgrau und schmilzt in der Rothglühhitze zu einer silberweißen, nach dem Abkühlen etwas ductilen Kugel, die durch langes Erhitzen an der Luft oder durch Schmelzen mit Borax, Alkalien oder Eisen nicht alles Selen verliert; löst sich in kochender Salpetersäure als selenigsaures Silberoxyd.

Das Selensilber findet sich natürlich mit Selenblei ($13AgSe, PbSe$) in eisenschwarzen, starkglänzenden, geschmeidigen, dünnen Platten von 8,0 spec. Gewicht, und mit Selenkupfer als Eukairit ($AgSe, 2CuSe$) in bleigrauen, weichen, wenig ductilen Massen.

Doppel-Selensilber ($AgSe_2$) entsteht beim Schmelzen des gefällten Selensilbers mit überschüssigem Selen, ist grau, etwas geschmeidig und unter der Rothglühhitze mit spiegelglatter Oberfläche schmelzbar und verliert bei abgeschlossener Luft kein Selen, geht aber bei Luftzutritt in Einfach-Selensilber über.

Tellursilber ($AgTe$) findet sich natürlich theils in geschmeidigen stumpfen Rhomboëdern, theils in blei- bis stahlgrauen, stark glänzenden, etwas geschmeidigen, grobkörnigen Massen; spec. Gewicht zwischen 8,31 und 8,565.

Silber und Erzzeuger.

Phosphorsilber.

§. 651. Das Silber verbindet sich im schmelzenden Zustand mit Phosphor zu AgP (?), welches auch beim Schmelzen des Silbers mit Phosphorglas und Kohle gebildet wird, weiß, körnig, halbkrystallinisch und schneidbar ist, unter dem Hammer zerspringt und beim Erhitzen an der Luft allen Phosphor verliert. Beim Glühen des phosphorsauren Silberoxydes mit Kohle bildet sich AgP_2 (?), welches locker zusammengesintert, spröde, aber leicht schneidbar und auf dem Feilstrich silberglänzend ist.

Arsensilber, Ag_4As (?), bildet sich beim Erhitzen des feinzertheilten Silbers mit Arsen als eine zusammengesinterte, stahlgraue, spröde und feinkörnige Masse.

Antimonsilber, durch Zusammenschmelzen erzeugt, ist silberweiß und spröde und verliert beim Glühen an der Luft das Antimon durch Oxydation; bei der Fällung der Silberlösungen mit Antimon bildet sich zuletzt Antimonsilber in breiten, spröden, glänzenden Blättern; natürlich findet sich Antimonsilber als Ag_4Sb und Ag_6Sb in silberweißen, sechsseitigen Säulen von 9,4 bei 9,8 spec. Gewicht.

Silber verbindet sich nicht mit Bor. Kieselsilber ist ein geschmeidiges Gemische, welches beim Lösen in Säuren etwas Kieselerde ungelöst läßt.

Silber und Metalle.

§. 652. Das Silber läßt sich mehr oder minder leicht mit anderen Metallen verbinden. Silberkalium bildet sich rasch in der Hitze und giebt an Wasser Kali ab; Silberbaryum (durch Schmelzen des Silbers mit Baryt vor dem Knallgasgebläse erhalten) ist grauweiß, sehr glänzend, hart und dehnbar und zerfällt an der Luft nach einiger Zeit zu Pulver. Silbereisen folgt noch bei $^1/_{320}$ Eisen dem Magnet und ist bei $^1/_{80}$ Silber sehr hart und von dichterem Gefüge als reines Eisen; es verliert nur durch Schmelzen mit Borax oder Salpeter, nicht durch Erhitzen an der Luft das Eisen (Silber schmilzt auch mit Stahl zusammen und verbessert diesen bei $^1/_{500}$ [Silberstahl] ungemein); Silbernickel bildet sich nur schwierig und ist dehnbar; Silberzink bildet sich leicht und ist bei $^1/_3$ Silber ($AgZn_3$?) etwas dehnbar, von feinkörnigem Bruch und weniger bläulich als Zink; es bildet sich auch bei der Fällung der Silbersalze durch Zink; Silberblei bildet sich leicht, ist weich und bleifarben und wird beim Erhitzen an der Luft in Silber und in Bleioxyd verwandelt, welches andere fremde Metalle bestimmt, sich ebenfalls zu oxydiren und mit ihm zu verschmelzen (Abtreiben des Silbers); Silberwismuth bildet sich leicht und ist spröde, blättrig und von der Farbe des Wismuthes. Silberkupfer läßt sich nach allen Verhältnissen darstellen; die Legirung ist mehr oder weniger röthlich-weiß, klingend und härter als Silber, und sein Kupfer wird durch Erhitzen an der Luft nur in geringer Menge oxydirt. Silberamalgam bildet sich leicht bei der Einwirkung von Quecksilber auf Silber als eine silberweiße, körnige, zwischen den Fingern knirschende (zum Theil auch krystallinische) Masse oder durch Zersetzung der salpetersauren Silberlösung mit Quecksilber in langen, glänzenden, auf einander gewachsenen Säulen; es findet sich natürlich als sogen. Amalgam ($AgHg_2$ und $AgHg_3$) und als Arquerit (Ag_6Hg) theils in

kleinen kugeligen Massen, theils in Oktaëdern und Rhombendodekaëdern; es entläßt beim Erhitzen das Quecksilber.

31. Vom Palladium.

Symb. und Aequiv. Pd = 53,359. Atomengew. (H = 1,0) 106,718 oder (O = 100,0) 665,899. Spec. Gewicht = 11,3—11,8. Spec. Wärme = 0,05927.

§. 653. Das Palladium findet sich natürlich sowohl in Heraëdern als auch in sechsseitigen Tafeln krystallisirt, ist in der Farbe und Geschmeidigkeit dem Silber sehr ähnlich (läßt im höchst feinzertheilten Zustand in Wasser schwebend das Licht mit blutrother Farbe durchfallen), läßt sich in der Hitze schweißen, ist äußerst strengflüssig und schmilzt und kocht vor der durch Sauerstoffgas angefachten Flamme auf der Kohle.

Das von Wollaston 1803 entdeckte Palladium findet sich sehr selten gediegen und in geringer Menge in den Platinerzen, ferner mit Gold oder mit Gold und Silber in amerikanischem Goldstaub. Man erhält das Palladium aus der Lösung des Platinerzes nach Bd. 3, S. 97 oder 100 (als Cyanpalladium, welches an der Luft geglüht, der Rückstand in Königswasser gelöst, die Lösung mit Chlorkalium vermischt zur Trockne verdunstet, der Rückstand durch Behandlung mit Weingeist von Kupferchloridkalium befreit, dann geglüht und durch Wasser das Chlorkalium entfernt wird) oder nach Bd. 3, S. 101 und 102, aus dem palladiumhaltigen Goldstaub aber auf die Weise, daß man diesen mit gleich viel Silber und Salpeter einschmilzt, die Legirung in Stangen ausgießt und im Graphittiegel nochmals mit gleich viel Silber zusammenschmilzt, die schmelzende Legirung durch ein eisernes Sieb in Wasser gießt, die Granalien zu wiederholten Malen mit Salpetersäure auskocht, aus der salpetersauren Lösung durch Kochsalz das Silber und durch Zink das Kupfer und Palladium niederschlägt, den Niederschlag dieser beiden Metalle wieder in Salpetersäure löst, die Lösung mit Ammoniak übersättigt, das Filtrat wieder mit Salzsäure schwach übersättigt und den sich bildenden Niederschlag von Palladiumsalmiak mit kaltem Wasser auswäscht, trocknet und glüht. Das auf die eine oder andere Weise erhaltene pulverige oder schwammige Palladium wird mit Schwefel zusammengeschmolzen, das gebildete Schwefelpalladium mit Borax und etwas Salpeter geschmolzen, dann auf einen Backstein einer schwachen Rothglühhitze ausgesetzt, so lange sich schwefelige Säure entwickelt, nach dem Erkalten schwach gehämmert und wieder geglüht und das Hämmern und Glühen so oft wiederholt, bis das Palladium hinreichend cohärent ist, um unter einem Walzwerk zu Blech ausgestreckt werden zu können.

Palladium und Sauerstoff.

§. 654. Das Palladium läuft in dunkler Glühhitze an der Luft violett und blau an, erhält aber in der Weißglühhitze wieder seinen Metallglanz und behält diesen beim raschen Abkühlen; auf der Kohle vor dem Sauerstoffgasgebläse erhitzt kommt es in's Sieden und verbrennt mit lebhaftem rothem Funkensprühen zu Palladiumoxydul, PdO; das Metall löst sich auch in kalter Salpetersäure und Königswasser, so wie auch langsam in erhitzter Schwefelsäure und oxydirt sich beim Glühen mit Kalihydrat und Salpeter. Eine höhere Oxydationsstufe des Palladiums, das Palladiumoxyd,

PdO_2, wird bei der Zersetzung des Palladiumchloridkaliums mit kohlensaurem Alkali gebildet.

Palladiumsuboxydul, Pd_2O, ist vielleicht der blaue Ueberzug, der sich beim Erhitzen des Palladiums an der Luft bildet und beim Erhitzen mit Wasserstoffgas wieder verschwindet.

Palladiumoxydul.

86,98	—	53,359	Palladium
13,02	—	8,000	Sauerstoff
100,00	—	61,359	Palladiumoxydul.

Symb. und Aequiv. $PdO = 61,359$.

§. 655. Das Palladiumoxydul stellt schwarze, metallglänzende, dem Braunstein ähnliche Stücke oder ein schwarzes Pulver dar, zerfällt beim Glühen in Sauerstoff und Metall und bildet mit Wasser ein dunkelbraunes Hydrat, welches beim Glühen das Wasser verliert und erst in starker Hitze zu Metall reducirt wird.

Man erhält das Palladiumoxydul durch gelindes Glühen des salpetersauren Salzes oder durch bis zum anfangenden Glühen gesteigertes Erhitzen eines Gemenges von einem Oxydulsalz und kohlensaurem Kali, sein Hydrat durch Zersetzung eines in Wasser gelösten Oxydulsalzes mit überschüssigem kohlensaurem Kali oder Natron.

§. 656. Das Palladiumoxydul bildet mit den Säuren die Palladiumoxydulsalze, Sales palladiosi; diese sind meist braun und roth, von schrumpfendem, nicht metallischem Geschmack und geben beim Glühen für sich oder beim gelinden Erhitzen mit Wasserstoffgas metallisches Palladium. Die Lösungen werden gefällt: durch salpetrigsaures Kali, schwefelige Säure, Phosphor, alle unedle Metalle, Eisenvitriol und Kochen mit Weingeist oder ameisensaurem Kali metallisch, durch die reinen und kohlensauren Alkalien und die reinen erdigen Alkalien als gallertartiges, gelbbraunes, im Ueberschuß des reinen Alkali ohne Farbe lösliches basisches Salz, durch Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium als dunkelbraunes, in Salzsäure lösliches Schwefelpalladium, durch Jodwasserstoff und Jodkalium als schwarzes Jodkalium, durch phosphorsaures und arsensaures Natron hellgelb, durch Phosphorwasserstoffgas als Phosphorpalladium, durch salpetersaures Quecksilberoxydul braun, später dunkler werdend und Metallhäutchen abscheidend, durch Zinnchlorür braunschwarz, durch oxalsaure Alkalien als gelbes, faseriges oxalsaures Palladiumoxydul, durch weinsteinsaure und citronensaure Alkalien hellgelb, und durch Cyankalium oder Cyanquecksilber gallertartig gelbweiß und in Salzsäure löslich; überschüssiges Ammoniak giebt mit Palladiumoxydullösungen anfangs ein gelbes, dann ein farbloses klares Gemisch.

Man erhält die Palladiumoxydulsalze durch Lösen des Metalles (nur in Salpetersäure) oder des reinen und gewässerten Oxyduls in Säuren, einige auch durch doppelte Affinität. Salpetersaures Palladiumoxydul ist nicht krystallisirbar. Schwefelsaures Palladiumoxydul ist pulverig und leicht in Wasser löslich. Phosphorsaures Palladiumoxydul ist hellgelb, nicht in Wasser löslich.

Palladiumoxyd.

76,93	—	53,359	Palladium
23,07	—	16,000	Sauerstoff
100,00	—	69,359	Palladiumoxyd.

Symb. und Aequiv. $PdO_2 = 69,359$.

§. 657. Das Palladiumoxyd ist schwarz und wird in der Glühhitze ruhig

zersetzt; es bildet mit Wasser ein dunkel gelbbraunes Palladiumoxyd-hydrat, welches durch kochendes Wasser in das schwarze Oxyd verwandelt wird und beim Erhitzen für sich unter Explosion Wasser und Sauerstoffgas entwickelt. Das Hydrat löst sich nur langsam und mit gelber Farbe in Säuren zu Palladiumoxydsalzen, Sales palladici, und unzersetzt in concentrirter, aber unter Entwicklung von Chlor in verdünnter Salzsäure.

Man erhält das Oxyd durch Vermischen des Palladchloridkaliums mit kaltem wässerigem kohlensaurem Alkali, worin es sich fast vollständig löst und beim längeren Stehen als Hydrat abscheidet, das durch Kochen mit der Flüssigkeit entwässert wird.

Kohlenstoff-Palladium bildet sich leicht beim Schmelzen des Palladiums in einem mit Kohle ausgefütterten Tiegel und ist so spröde, daß es bei der Glühhitze unter dem Hammer mit Entwicklung eines weißen Rauches zerstäubt. Auch Palladiumblech, in die Flamme einer Weingeistlampe gehalten, überzieht sich in dem inneren Theil der Flamme mit einem Ruß, der beim Verbrennen Palladium hinterläßt.

Palladium und Salzzeuger.

Palladiumchlorür, chlorwasserstoffsaures Palladiumoxydul.

60,07	—	53,359	Palladium
39,93	—	35,463	Chlor
100,00	—	88,822	Palladiumchlorür.

Symb. und Aequiv. Pd Cl = 88,822. Atom. Pd Ꞓl ($PdCl_2$).

§. 658. Das Palladiumchlorür bildet sich bei der Erhitzung des Schwefelpalladiums mit Chlorgas als ein rosenrothes Sublimat, zum Theil auch als eine nicht sublimirte granatrothe Krystallmasse (wird auch durch Verdampfen der Lösung des Palladiums in Königswasser und Entwässern des Rückstandes bei gelinder Hitze als eine schwarzbraune, in nicht zu hoher Temperatur ohne Zersetzung schmelzbare Masse erhalten), zerfällt beim stärkeren Erhitzen in seine Bestandtheile und beim Erhitzen mit Wasserstoffgas in Salzsäure und Palladium, löst sich langsam, aber vollständig und mit dunkel gelbrother Farbe in Wasser und hinterbleibt beim gelinden Verdunsten der Lösung (bei wiederholtem Abdampfen scheidet sich Palladiumoxychlorür als ein dunkel rosenrothes Pulver ab) als eine braungelbe wasserhaltige Krystallmasse. Es bildet mit den basischen Chlormetallen braune, leicht in Wasser und auch in Weingeist lösliche Doppelsalze.

Palladiumchlorür-Chlorkalium (K Cl, Pd Cl) krystallisirt in grünbraunen, vierseitigen Säulen, ist in wasserfreiem Weingeist wenig löslich und hinterläßt beim Glühen Chlorkalium und Palladium in schwammig vereinigten Schüppchen. Palladiumchlorür-Chlornatrium ist zerfließlich. Palladiumchlorür-Chlorammonium (H_4NCl, Pd Cl) krystallisirt in gelbgrünen vierseitigen Säulen, löst sich nicht in starkem Weingeist und hinterläßt beim Glühen schwammiges Palladium. Palladiumchlorür-Ammoniak besteht in zwei Verbindungsverhältnissen, nämlich als $2H_3N$, Pd Cl und H_3N, Pd Cl; ersteres bildet weiße, letztere rosenrothe Krystalle.

Palladiumchlorid, chlorwasserstoffsaures Palladiumoxyd.

42,93	—	53,359	Palladium
57,07	—	70,926	Chlor
100,00	—	124,285	Palladiumchlorid.

Symb. und Aequiv. $PdCl_2$ = 124,285. Atom. Pd $Ꞓl_2$ ($PdCl_4$).

§. 659. Ist nur in Verbindung mit Wasser und basischen Chlormetallen bekannt und bildet sich beim Lösen des Palladiumchlorürs in concentrirtem Königswasser oder beim Lösen des Palladiumoxydhydrates in concentrirter Salzsäure als eine braune Flüssigkeit, welche beim Verdampfen oder Verdünnen Chlor entwickelt und in Palladiumchlorürlösung übergeht.

Palladiumchlorid-Chlorkalium setzt sich beim Vermischen der Chloridlösung mit Chlorkalium als ein rother Niederschlag oder aus der Lösung des Palladchlorür-Chlorkaliums in Königswasser beim Verdunsten in zinnober- oder braun-rothen, regelmäßigen Oktaëdern ab, löst sich in verschlossenen Flaschen in kochendem Wasser mit dunkler Farbe und scheidet sich beim Erkalten unverändert wieder ab, entwickelt aber beim Kochen mit Wasser in offenen Gefäßen Chlor und verwandelt sich in die Chlorürverbindung. Palladiumchlorid-Chlorammonium, durch Vermischen der Lösung des Palladiums in Königswasser mit Salmiak erhalten, ist der Kaliumverbindung ähnlich.

Palladiumbromür, bromwasserstoffsaures Palladiumoxydul.

40,12 —	53,359	Palladium
59,82 —	80,000	Brom
100,00 —	133,359	Palladiumbromür.

Symb. und Aequiv. $PdBr = 133{,}359$. Atom. $Pd\mathbf{Br}$ ($PdBr_2$).

§. 660. Das Palladiumbromür hinterbleibt beim Verdunsten der Lösung des Palladiums in einem Gemische von Bromwasserstoff und Salpetersäure als eine kastanienbraune, nicht in Wasser, aber in Bromwasserstoff lösliche Masse, die mit basischen Brommetallen dunkelbraune Doppelsalze bildet.

Palladiumbromid ($PdBr_2$) ist unbekannt.

Palladiumiodür, iodwasserstoffsaures Palladiumoxydul.

29,05 —	53,359	Palladium
70,95 —	126,845	Jod
100,00 —	180,204	Palladiumiodür.

Symb. und Aequiv. $PdI = 180{,}204$. Atom. $Pd\mathbf{I}$ (PdI_2).

§. 661. Erhitztes Palladium verbindet sich nur unvollständig mit Jod (Palladiumblech mit Jodtinktur eingetrocknet schwärzt sich); das reine Jodür wird durch Zersetzung eines Palladoxydulsalzes mit Jodkalium in gallertartigen Flocken erhalten, die beim Trocknen im luftleeren Raum eine schwarze, geruch- und geschmacklose Masse hinterlassen; es löst sich nicht in Wasser, Weingeist und Aether, verliert über 300° das Jod und wird durch kochende Kalilauge zersetzt. Es löst sich ohne Farbe in wässerigem Ammoniak, woraus sich an der Luft Palladiumiodür-Ammoniak (H_3N, PdI) in pomeranzengelben, aber in einer Atmosphäre von Ammoniakgas eine Verbindung mit der doppelten Menge Ammoniak ($2H_3N$, PdI) in weißen Krystallen absetzt.

Palladiumiodid, PdI_2, so wie Verbindungen des Palladiums mit Fluor sind unbekannt.

Palladium und Kieszeuger.

Schwefelpalladium.

76,93 —	53,359	Palladium
23,07 —	16,000	Schwefel
100,00 —	69,359	Schwefelpalladium.

Symb. und Aequiv. $PdS_2 = 69{,}359$.

§. 662. Das Palladium verbindet sich beim Erhitzen mit Schwefel

unter Erglühen zu Schwefelpalladium, welches sich auch beim Erhitzen des Palladiumchlorür-Ammoniaks mit Schwefel oder bei der Zersetzung eines Palladoxydulsalzes mit Schwefelwasserstoff bildet; das auf trocknem Wege dargestellte ist eine bläulich-weiße, metallglänzende, sehr harte, bei der Schmelzhitze des Silbers schmelzbare Masse von blättrigem Bruch, verwandelt sich beim Rothglühen an der Luft langsam in basisch-schwefelsaures Oxydulsalz, bei heftigerem Glühen in Metall und giebt beim Erhitzen mit Chlorgas Palladiumchlorür und Chlorschwefel.

Selenpalladium, Pd Se, bildet sich leicht und unter Wärmeentwicklung, ist grau, nicht schmelzbar und entwickelt vor dem Löthrohr Selendämpfe mit Hinterlassung eines selenhaltigen, grauweißen, spröden, krystallinischen Metallkornes; soll sich auch natürlich vorfinden.

Tellurpalladium ist unbekannt.

Palladium und Erzzeuger.

§. 663. Phosphorpalladium ist eine leichtflüssige Verbindung. Arsenpalladium bildet sich unter Feuerentwicklung und ist spröde und schmelzbar. Antimonpalladium entsteht ebenfalls unter Feuerentwicklung und ist spröde.

Verbindungen des Palladiums mit Bor und Kiesel sind unbekannt.

Palladium und Metalle.

§. 664. Das Palladium läßt sich ziemlich leicht mit anderen Metallen zusammenschmelzen. Palladiumbaryum ist silberweiß und überzieht sich bald mit einem weißen Pulver. Palladiumeisen ist sehr spröde (Stahl wird mit 1/100 Palladium (Palladiumstahl) sehr passend für solche Instrumente, die auf der Schneide vollkommen glatt sein müssen). Palladiumnickel ist ungemein glänzend und dehnbar. Palladiumkupfer ist bei 1/5 Palladium weiß und ductil, bei gleichen Theilen gelbgrau, sehr spröde und härter als Stabeisen, bei gleichen Maaßen blaß, sehr politurfähig und ziemlich leicht schmelzbar. Palladiumzink bildet sich unter Feuerentwicklung und ist spröde. Palladiumblei bildet sich ebenfalls unter Feuerentwicklung und ist grau, sehr hart, spröde und von feinkörnigem Bruch. Palladiumsilber ist bei gleichen Theilen grau und härter als Silber, weicher als Eisen. Palladiumamalgam bildet sich bei der Zersetzung eines Palladiumoxydulsalzes mit wenig Quecksilber als ein graues Pulver ($Pd_2 Hg$), welches das Quecksilber erst in der Weißglühhitze abgiebt und durch mehr Quecksilber weich wird.

32. Vom Platin.

Symb. und Aequiv. Pt = 98,841. Atomengew. (H = 1,0) 197,682 oder (O = 100,0) 1233,499. Spec. Gewicht = 21,4 — 21,7. Spec. Wärme = 0,03243.

(Vergl. Bd. 3, S. 84—102.)

Platin und Sauerstoff.

§. 665. Das Platin bleibt bei allen Temperaturen in Berührung mit Luft oder Wasser unverändert, jedoch kann es sich in zwei Verhältnissen mit Sauerstoff verbinden, nämlich zu Platinoxydul, PtO, welches sich beim Glühen des Platins mit Kalihydrat bei abgeschlossener Luft bildet (beim Schmelzen des Platins verbrennt dasselbe unter Funkensprühen und Entwicklung eines Rauches zu einem schmutzig grünen Pulver, welches wahrscheinlich Platinoxydul ist), und zu Platinoxyd, PtO_2, welches beim Erhitzen des Platins mit Salpeter gebildet wird. Auch durch die Säuren

wird Platin nicht angegriffen und nur wässeriges Chlor oder ein Gemische von Salpetersäure mit Salzsäure oder Bromwasserstoff lösen es auf.

Platinoxydoxydul (Pt_2O_3 oder PtO, PtO_2) soll sich bei der Zersetzung des Platinoxyd-Ammoniaks mit Salpetersäure bilden und ein dunkelgraues Pulver darstellen.

Platinoxydul.

92,51 —	98,841	Platin
7,49 —	8,000	Sauerstoff
100,00 —	106,841	Platinoxydul.

Symb. und Aequiv. $PtO = 106,841$.

§. 666. Das Platinoxydul ist ein graues oder dunkelviolettes Pulver, welches bei der Glühhitze in Sauerstoff und Metall zerfällt, beim Glühen mit Kohle lebhaft detonirt und durch Ameisensäure unter stürmischer Entwicklung von Kohlensäure in Platinmohr verwandelt wird; es bildet mit Wasser ein schwarzes voluminöses Hydrat, welches in der Hitze erst Wasser und dann Sauerstoff entläßt und durch siedende Salzsäure in Platinchlorid und Metall, durch kochende Kalilauge in Platinoxydkali und Metall zerfällt.

Man erhält das Platinoxydul durch starkes Rothglühen des Platinoxydkalkes im bedeckten Tiegel und Auslaugen mit Wasser und Salpetersäure, oder durch vorsichtiges Erhitzen des Hydrates, dieses aber durch Zersetzung des Platinchlorürs mit schwach erwärmter Kalilauge.

§. 667. Das Platinoxydul bildet mit den Säuren die Platinoxydulsalze, Sales platinosi, welche theils dunkelbraun und roth, theils farblos sind und beim Glühen metallisches Platin hinterlassen. Die Lösungen geben mit Alkalien bräunliche und (die salzsauren) mit Ammoniak grünliche krystallinische Niederschläge, werden durch Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium braunschwarz (im Ueberschuß des letzteren löslich) und durch salpetersaures Quecksilberoxydul schwarz gefällt und durch Zinnchlorür tief rothbraun gefärbt und geben mit Jodkalium erst eine dunkle Färbung, hierauf aber unter Entfärbung der Flüssigkeit einen schwarzen metallglänzenden Niederschlag.

Man erhält die Platinoxydulsalze durch Lösen des Platinoxydulhydrates in Säuren.

§. 668. Das Platinoxydul bildet mit Ammoniak zwei eigenthümliche basische Verbindungen, die nach dem Entdecker Reiset'sche Platinbasen genannt werden. Die eine Basis, das Doppelt-Platinoxydul-Ammoniak oder Platinamid-Ammoniumoxyd ($2H_3N, PtO, HO$ oder PtH_2N, H_4NO) ist krystallinisch, schmeckt sehr alkalisch, wirkt ätzend wie Kali, zieht gleich diesen begierig Kohlensäure aus der Luft an, zersetzt den Stärkezucker nach Art des Kalis und fällt auch aus Silberlösungen Silberoxyd, zerfließt an feuchter Luft, löst sich leicht in Wasser und entläßt beim Kochen der Lösung kein Ammoniak, bildet mit 1 Aequiv. Sauerstoffsäure völlig neutrale Salze (die durch stärkere Basen zersetzt werden und beim längeren Stehen der Lösungen ohne Bildung eines Ammoniaksalzes metallisches Platin absetzen), schmilzt bei 100° und hinterläßt unter Freiwerden von Wasser und der Hälfte Ammoniak das Einfach-Platinoxydul-Ammoniak oder Platinoxydulamid-Ammoniumoxyd (H_3N, PtO oder PtO, PtH_2N, H_4NO), welches nicht in Wasser und Ammoniak löslich ist, mit Säuren nicht in Wasser lösliche, verpuffende Salze bildet und bei stärkerer Erhitzung in Stickstoff, Ammoniak, Wasser und Platin zerfällt.

Die erste Verbindung wird auf die Weise erhalten, daß man Platinchlorür-Ammoniak mit Aetzammoniak bis zur Lösung kocht und aus der Lösung

durch Weingeist die Gros'sche Platinbasis (vergl. §. 672) niederschlägt, diese in Wasser lös't und mit schwefelsaurem Silberoxyd zersetzt, das Filtrat aber durch Barytwasser zerlegt und die helle Flüssigkeit im luftleeren Raum verdunstet.

Anmerk. Das Platinoxydul verbindet sich auch mit Kali und Natron; Platinoxydul-Kali bildet sich beim Schmelzen des Platins mit Kali bei abgehaltener Luft und lös't sich in Wasser mit dunkelgrüner Farbe; Platinoxydul-Natron bildet sich als eine farblose Lösung bei der Zersetzung des Platinchlorürs mit Natronlauge; Salpetersäure schlägt aus der Lösung ein sehr voluminöses weißes, an der Sonne bläulich-grau, in der Wärme dunkelschwarz werdendes Oxydul nieder.

Platinoxyd.

86,07	—	98,841	Platin
13,93	—	16,000	Sauerstoff
100,00	—	114,841	Platinoxyd.

Symb. und Aequiv. $PtO_2 = 114{,}841$.

§. 669. Das Platinoxyd ist schwarz und pulverig, zerfällt beim Erhitzen in Platin und Sauerstoff und bildet mit Wasser das Platinoxydhydrat (PtO_2, 2 Aq.), welches im frisch gefällten Zustand rostfarben, trocken gelbbraun ist und in der Hitze unter Verlust des Wassers meist schwarz wird und dann in Metall und Sauerstoff zerfällt.

Man erhält das Platinoxyd durch gelindes Erhitzen seines Hydrates, dieses durch Fällung des schwefelsauren Platinoxydes mit kohlensaurem Kalk in der Wärme (und Ausziehen des überschüssigen kohlensauren Kalkes mit Essigsäure und des schwefelsauren mit vielem Wasser) oder durch Behandlung des Platinoxydnatrons mit Essigsäure.

§. 670. Das Platinoxyd bildet mit den Säuren die Platinoxydsalze, Sales platinici, welche gelb oder braun sind, Lakmus röthen, zusammenziehend schmecken und in der Hitze zersetzt werden. Die wässerigen Lösungen werden durch Phosphor, Arsen, Antimon, die meisten Metalle und mehrere organische Verbindungen metallisch reducirt, geben bei Gegenwart von Salzsäure mit reinem und kohlensaurem Ammoniak, auch mit anderen Ammoniaksalzen, einen citronengelben, krystallinisch-pulverigen, in vielem Wasser löslichen Niederschlag von Platinchlorid-Chlorammonium und mit reinem oder kohlensaurem Kali, auch mit anderen Kalisalzen, einen ähnlichen Niederschlag von Platinchlorid-Chlorkalium, werden nur in der Siedhitze durch kohlensaures Natron als braungelbes Platinoxydnatron gefällt, geben mit Zinnchlorür eine dunkel rothbraune Färbung und nach längerer Zeit einen gleichgefärbten, gallertartigen und mit salpetersaurem Quecksilberoxydul einen rothgelben Niederschlag und werden durch Schwefelwasser und Schwefelammonium als dunkel braunrothes, im Ueberschuß des letzteren lösliches Schwefelplatin, durch Jodwasserstoff unter rothbrauner Färbung nach einigen Tagen metallisch und durch Jodkalium als braunes Platiniodid, beim Erhitzen aber metallisch gefällt.

Man erhält die Platinoxydsalze meist durch Fällung der Platinchloridlösung mit dem entsprechenden Kalisalz neben Platinchlorid-Chlorkalium, oder durch Lösung des Hydrates in der Säure.

§. 671. Das Platinoxyd verbindet sich mit den Alkalien und alkalischen Erden zu den Platinoxydalkalien oder platinsauren Salzen, Platinates; diese sind gelb oder röthlich-gelb, in Wasser unlöslich und werden in der Hitze in Sauerstoff, Metall und Alkali zersetzt. Die platinsauren

Erdalkalien können sich auch mit den Chloriden der entsprechenden Metalle verbinden.

Platinoxydkali wird durch Vermischen der Chlorplatinlösung mit überschüssiger Kalilauge, Eindampfen, Erhitzen bis zum anfangenden Glühen und Auslaugen mit Wasser als ein rostfarbiges Pulver erhalten; es bildet sich auch beim Glühen des Platins mit Salpeter. Platinoxydnatron (NaO, 3 PtO, 6 Aq.) bildet sich bei der Einwirkung von Sonnenlicht oder Wärme auf ein Gemische von Platinchlorid und kohlensaurem Natron, ist röthlich-gelb, theils pulverig, theils krystallinisch, giebt in der Hitze Sauerstoff, Wasser und ein Gemenge von Natron, Platin und Platinoxyd, wird in der Wärme durch Ameisensäure in Platinmohr und durch Oxalsäure in oxalsaures Platinoxydul verwandelt und giebt an Essigsäure und verdünnte Sauerstoffsäuren unter Rücklassung von Platinoxydhydrat das Natron ab. Platinoxydstrontian und Platinoxydbaryt sind hellgelb. Platinoxydkalk schlägt sich mit Chlorcalcium verbunden als sog. Herschelscher Platinniederschlag (CaO, 2 PtO + CaCl + 7 Aq.?) bei der Einwirkung des Tageslichtes auf ein Gemische von Platinchloridlösung mit überschüssigem Kalkwasser weiß und pulverig nieder, entläßt in der Hitze Wasser und Sauerstoff unter Rücklassung eines dunkel violetten Gemenges von Platinoxydul, Kalk und Chlorcalcium, und löst sich leicht in Salpetersäure und Salzsäure. Platinoxydbaryt bildet eine ähnliche Verbindung. Platinoxydammoniak oder sog. Knallplatin wird aus der schwefelsauren Platinoxydlösung durch Fällen mit Ammoniak und Kochen des Niederschlages mit Kalilauge erhalten, ist braun, pulverig, luftbeständig, verpufft heftig beim Erhitzen bis 205°, aber nicht durch Stoß oder den elektrischen Funken.

Stickstoffplatin ist unbekannt; über Verbindungen von Platinamid mit Ammoniumoxyd vergl. §. 668.

Kohlenstoffplatin bildet sich beim Glühen des Platins im Essenfeuer mit Kohle und ist schmelzbar; auch der durch die Weingeistflamme an Platingeräthen sich bildende Ruß ist platinhaltig. PtC_2 bildet sich beim Glühen des Acetylplatinchlorürs (vergl. Bd. 3, S. 999), verbrennt langsam beim Erhitzen an der Luft mit Rücklassung von Platin und löst sich in Königswasser mit Rücklassung von Kohle.

Platin und Salzzeuger.

Platinchlorür, chlorwasserstoffsaures Platinoxydul.

73,59	—	98,841	Platin
26,41	—	35,463	Chlor
100,00	—	134,304	Platinchlorür.

Symb. und Aequiv. PtCl = 134,304. Atom. Pt€l ($PtCl_2$).

§. 672. Das Platinchlorür bildet sich bei der Erhitzung des Platinchlorides bis zum Schmelzpunkt des Zinns, ist grüngrau, in Wasser unlöslich, läßt sich auch kaum damit benetzen, löst sich bei Abschluß der Luft in kochender Salzsäure unverändert, bei Zutritt der Luft oder in Königswasser als Platinchlorid, zerfällt erst bei starker Hitze in Platin und Chlor und giebt mit Kalilauge Platinoxydul. Es verbindet sich mit basischen Chlormetallen.

Das Platinchlorür verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit Ammoniak.

Doppelt-Platinchlorürammoniak ($2 H_3N$, PtCl) entsteht beim Kochen des Platinchlorürs mit oft erneuertem Ammoniak bis zur Lösung, krystallisirt in durchsichtigen, gelben Nadeln, ist neutral und

von rein salzigem Geschmack und entläßt bei 250° die Hälfte Ammoniak, das Einfach-Platinchlorürammoniak ($H_3N, PtCl$) zurücklassend, welches gelb und pulverig oder krystallinisch schuppig ist und bei höherer Temperatur in Salmiak, Salzsäure und Platin zersetzt wird; bei der Behandlung mit Salpetersäure bildet sich die sog. Gros'sche Platinbasis oder das Platinchlorüramid-Ammoniumoxyd ($PtClH_2N, H_4NO$), welches mit vielen unorganischen und organischen Säuren krystallisirbare und lösliche Salze bildet.

Platinchlorid, chlorwasserstoffsaures Platinoxyd.

58,23	—	98,841	Platin
41,77	—	70,926	Chlor
100,00	—	169,767	Platinchlorid.

Symb. und Aequiv. $PtCl_2 = 169{,}767$. Atom. $Pt\mathbf{Cl}_2$ ($PtCl_4$).

§. 673. Das Platinchlorid bildet sich bei der Einwirkung von wässerigem Chlor oder Königswasser auf Platin (vergl. Darstellung Bd. 3, S. 352), röthet Lakmus, schmeckt sehr schrumpfend, färbt die Haut braunschwarz, wird bei mäßiger Hitze in Chlor und Platinchlorür, bei höherer Temperatur in Chlor und Metall zersetzt und löst sich in Wasser, Weingeist und Aether; die wässerige Lösung wird durch schwefelige Säure unter Abscheidung von Platinchlorür entfärbt und im Dunkeln weder durch kohlensaures Natron noch durch Kalk, wohl aber im Sonnenlicht gefällt und verhält sich gegen die übrigen Reagentien wie die Platinoxydsalze (vergl. §. 670); sie scheidet beim Verdunsten und Abkühlen wasserhaltige braunrothe Nadeln ($PtCl_2$, 10 Aq.) ab; die weingeistige Lösung verliert allmählig die Eigenschaft, Kalisalze zu fällen, und die ätherische Lösung wird am Licht unter Abscheidung von Platin blaßgelb. Das Platinchlorid verbindet sich mit verschiedenen basischen Chlormetallen.

Platinchlorid-Chlorkalium ($KCl, PtCl_2$) stellt ein citronengelbes Krystallmehl oder pomeranzenfarbene Oktaëdern dar, löst sich sehr wenig in Wasser und zerfällt beim Erhitzen in Chlorgas, Platin und Chlorkalium. Platinchlorid-Chlornatrium krystallisirt in morgenrothen Säulen und Tafeln mit Wasser ($NaCl, PtCl_2$, 6 Aq.), löst sich sehr leicht in Wasser und Weingeist, entläßt beim vorsichtigen Erhitzen das Wasser mit Rücklassung eines pomeranzengelben Pulvers und wird in höherer Temperatur zersetzt. Platinchlorid-Chlorammonium oder sog. Platinsalmiak ($H_4NCl, PtCl_2$) stellt ein citronengelbes Krystallmehl oder pomeranzengelbe regelmäßige Oktaëder dar, löst sich wenig in Wasser, nicht in Weingeist oder Salmiaklösung, und wird durch Erhitzen in Stickstoffgas, Salzsäure, Salmiak und Platin und in der wässerigen Lösung durch Einleiten von Chlorgas unter Stickstoffgasentwicklung in Platinchlorid und freie Salzsäure zersetzt.

Platinbromid, bromwasserstoffsaures Platinoxyd.

38,19	—	98,841	Platin
61,81	—	160,000	Brom
100,00	—	258,841	Platinbromid.

Symb. und Aequiv. $PtBr_2 = 258{,}841$. Atom. $Pt\mathbf{Br}_2$ ($PtBr_4$).

§. 674. Das Platin wird nicht von Brom angegriffen, löst sich aber in einem Gemische von Bromwasserstoff und Salpetersäure; durch Verdunsten der Lösung erhält man Platinbromid als eine braune Krystallmasse, die an der Luft zerfließt, sich leicht in Wasser löst und beim Glühen in Brom und

Platin zerfällt; es reagirt sauer und bildet mit basischen Brommetallen tief rothgefärbte neutrale Bromsalze.

Platinbromür, PtBr, ist für sich unbekannt, wird aber in Verbindung mit Ammoniak als Doppelt-Platinbromürammoniak ($2H_3N$, PtBr) erhalten, wenn die Gros'sche Platinbasis durch schwefelsaures Silberoxyd und das Filtrat durch Brombaryum zersetzt wird; es krystallisirt in Würfeln und wird nicht beim Kochen der wässerigen Lösung zersetzt.

Platiniodür, iodwasserstoffsaures Platinoxydul.

43,77	— 98,841	Platin
56,23	— 126,845	Jod
100,00	— 225,686	Platiniodür.

Symb. und Aequiv. PtI = 225,686. Atom. Pt I (PtI_2).

§. 675. Das Platiniodür bildet sich bei der Zersetzung des Platinchlorürs mit Jodkaliumlösung, ist schwarz, zart, pulverig, wie Kienruß an den Fingern hängend, luftbeständig, geruch- und geschmacklos, zerfällt beim Siedpunkt des Quecksilbers in Jod und Platin, wird durch Alkalien in Platinoxydul und durch Ammoniak in ein dunkel gelbgrünes, aus Platinoxydul, Jodplatin und Ammoniak bestehendes Pulver verwandelt, giebt an kalten Jodwasserstoff oder heiße Jodkaliumlösung Platiniodid ab und wird nicht von Wasser, Weingeist, concentrirter Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure angegriffen.

Platiniodürammoniak ($2H_3N$, PtI) wird wie die entsprechende Bromverbindung durch Jodbaryum gewonnen und krystallisirt ebenfalls in Würfeln, entläßt aber beim Kochen der wässerigen Lösung die Hälfte Ammoniak und scheidet ein gelbes Pulver (H_3N, PtI) ab, welches durch Ammoniak wieder in die erstere Verbindung verwandelt wird.

Platiniodid, iodwasserstoffsaures Platinoxyd.

28,04	— 98,841	Platin
71,96	— 253,690	Jod
100,00	— 352,531	Platiniodid.

Symb. und Aequiv. PtI_2 = 352,531. Atom. PtI_2 (PtI_4).

§. 676. Das Platiniodid bildet sich bei der Zersetzung des Platinchlorides mit Jodkalium, ist schwarz, pulverig, bald dem Kohlenpulver ähnlich, bald krystallinisch, entwickelt schon über 131° Jod (ohne jedoch in Jodür überzugehen), löst sich unter theilweiser Zersetzung in Weingeist und als Platinchlorid unter Abscheidung von Jod in Chlorwasser und verbindet sich mit basischen Jodmetallen zu krystallisirbaren Jodsalzen und mit Jodwasserstoff zu Jodwasserstoff-Platiniodid (IH, PtI^2), welches in rothschwarzen, metallglänzenden Nadeln krystallisirt, sehr leicht in Wasser löslich ist und schon im luftleeren Raum, mehr bei 100° und allen Jodwasserstoff in höherer Temperatur abgiebt.

Platiniodid-Jodkalium (KI, PtI_2) krystallisirt in schwarzen, rechtwinkeligen Tafeln, ist in Wasser sehr leicht löslich und verliert schon über 100° etwas Jod. Platiniodid-Jodammonium (H_4NI, $2PtI_2$) krystallisirt in schwarzen, metallglänzenden, kleinen, quadratischen Tafeln, die wenig in Wasser, nicht in Weingeist löslich sind.

Patinfluorid, fluorwasserstoffsaures Platinoxyd.

72,4	— 98,841	Platin
27,6	— 37,668	Fluor
100,0	— 136,509	Platinfluorid.

Symb. und Aequiv. PtF_2 = 136,509. Atom. PtF_2 (PtF_4).

§. 677. Das Platinfluorid bildet sich neben Platinchlorid-Chlorkalium bei der Zersetzung des Platinchlorides mit Fluorkalium, ist gelb, nicht krystallinisch und in Wasser und Weingeist löslich, wird aber bei 60° dunkelbraun und hinterläßt nun beim Lösen in Wasser ein basisches Salz; es bildet mit basischen Fluormetallen Fluorsalze.

Platinfluorid-Fluorammonium ist dunkelbraun und gummiähnlich und hinterläßt beim Lösen in Wasser ein basisches Salz.

Platin und Kieszeuger.

Platinsulphür.

86,07 —	98,841	Platin
13,93 —	16,000	Schwefel
100,00 —	114,841	Platinsulphür.

Symb. und Aequiv. $PtS = 114{,}841$.

§. 678. Das Platin verbindet sich bei abgeschlossener Luft in der Hitze unmittelbar mit Schwefel zu pulverigem, blaugrauem, mattem, beim Reiben auf Papier Metallglanz annehmendem Platinsulphür; auf andere Weisen dargestellt bildet es ein glänzend-schwarzes Pulver oder feine, schwarze, glänzende Nadeln oder ein blauschwarzes, sandig anzufühlendes, zwischen den Zähnen knirschendes Pulver; es hinterläßt beim Glühen an der Luft metallisches Platin und wird schon bei 19° durch Wasserstoffgas zu Platin reducirt und durch schmelzenden Salpeter zersetzt.

Man erhält das Platinsulphür auch durch Glühen des Platinsalmiaks mit Schwefel oder (krystallisirt) mit Schwefel und kohlensaurem Kali, durch Zersetzung des Platinchlorürs mit einem Schwefelmetall u. s. w.

Platinsulphid.

75,31 —	98,841	Platin
24,69 —	32,000	Schwefel
100,00 —	130,841	Platinsulphid.

Symb. und Aequiv. $PtS_2 = 130{,}841$.

§. 679. Das Platinsulphid bildet sich bei der Erhitzung des Platinsalmiaks mit $^2/_3$ Schwefel bis zum dunklen Glühen in einer verschlossenen Retorte als ein dunkel stahlgraues, auf dem Strich metallglänzendes Pulver, bei der Zersetzung eines Platinoxydsalzes mit Schwefelwasserstoff oder einem löslichen Schwefelmetall als ein schwarzes glänzendes Pulver und bei der Zersetzung der weingeistigen Platinchloridlösung mit Schwefelkohlenstoff als ein schwarzgraues, mit glänzenden Theilen untermischtes, zwischen den Zähnen knirschendes Pulver. Es hinterläßt beim Glühen an der Luft metallisches Platin, wird beim Erhitzen mit Chlorgas, Kalihydrat, chlorsaurem oder salpetersaurem Kali, Alkalimetallen und Zink zersetzt und löst sich vollständig in Königswasser. Das durch Fällung erhaltene Platinsulphid ist in Schwefelammonium löslich und giebt bei der Einwirkung der Luft das sog. oxydirte Schwefelplatin, welches viel Schwefelsäure enthält und schon bei 25° durch Wasserstoffgas unter Erglühen und bei 250° an der Luft unter Zischen zersetzt wird.

Selenplatin bildet sich beim Erhitzen beider Stoffe mit einander unter lebhafter Feuerentwicklung, ist grau, pulverig, nicht schmelzbar und verliert beim Erhitzen an der Luft alles Selen durch Oxydation.

Tellurplatin ist unbekannt.

Platin und Erzzeuger.

Phosphorplatin.

§. 680. Das Platin verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit Phosphor; etwa PtP wird durch Aufwerfen von Phosphor auf glühendes Platin

oder durch Zusammenschmelzen von Platin mit Phosphorgas und Kohle als eine weiße, sehr spröde, am Stahl Funken gebende, sehr leichtflüssige, zum Theil in Würfeln krystallisirende Masse erhalten, die beim Erhitzen an der Luft den Phosphor verliert; Pt_3P_2 bildet sich beim Erhitzen des Platinschwamms mit Phosphor im luftleeren Raum unter lebhaftem Erglühen, ist bleigrau, unvollkommen geschmolzen und porös, zum Theil auch in kleinen Würfeln krystallisirt und wird beim Erhitzen mit Chlorgas oder mit chlorsaurem Kali zersetzt; Pt_3P_4, durch Erhitzen des Platinsalmiaks mit $^2/_3$ Phosphor erhalten, ist eisenschwarz, kaum metallglänzend, zum Theil pulverig, zum Theil lose zusammenhängend; zerfrißt in der Weißglühhitze Platingefäße.

Phosphorwasserstoffgas wirkt nicht auf Platinoxydlösungen.

Arsenplatin, PtAs, bildet sich beim Erhitzen des Platinschwamms mit überschüssigem Arsen unter Feuerentwicklung, ist spröde und leichtflüssig und verwandelt sich beim längeren Erhitzen an der Luft unter allmähliger Verbrennung des Arsens in poröses Platin, welches sich bearbeiten läßt.

Antimonplatin bildet sich leicht und unter lebhaftem Erglühen beim Erhitzen des Platinschwamms mit der doppelten Menge Antimon, ist hell stahlgrau, spröde, feinkörnig und verliert beim Erhitzen an der Luft fast alles Antimon mit Hinterlassung von hämmerbarem Platin.

Platin und Glaszeuger.

§. 681. Borplatin bildet sich beim Glühen des Platins mit Kohle und Borax, ist hart, spröde und etwas krystallinisch und giebt beim Lösen in Königswasser Borsäure. Kieselplatin bildet sich beim Erhitzen des Fluorkieselkaliums mit Kalium im Platintiegel oder beim Glühen des Platins zwischen Pflanzenkohle, ist grauweiß, hart, auf dem Bruche körnig, schwer zu schmieden und zu feilen, berstet in der Kälte bald unter dem Hammer und ist in der Glühhitze völlig spröde; es läßt sich nicht durch Erhitzen an der Luft oder Cämentation mit Braunstein wieder ductil machen und löst sich schwierig in Königswasser unter Abscheidung von Kieselerde.

Platinkieselfluorid, durch Lösen des Platinoxydhydrates in Kieselfluorwasserstoffsäure erhalten, trocknet zu einer gummiähnlichen Masse ein, die beim Lösen in Wasser ein basisches Salz hinterläßt.

Platin und Metalle.

§. 682. Das Platin verbindet sich ziemlich leicht mit andern Metallen. Platinkalium und Platinnatrium bilden sich unter Erglühen, sind glänzend und spröde, verbrennen beim Erhitzen an der Luft zu einem gelben Pulver und entwickeln in Berührung mit Wasser Wasserstoffgas. Platinbaryum ist bronzefarben und zerfällt an der Luft bald zu einem röthlichen Pulver. Platineisen bildet sich vor dem Knallgasgebläse und ist bei gleichen Theilen glänzend, sehr dehnbar und hart, wird kaum von der Feile angegriffen; $^1/_{100}$ Platin macht Eisen unlöslich in gewöhnlicher Salpetersäure. Stahl wird durch einen Zusatz von Platin sehr verbessert. Platinnickel ist bei gleichen Theilen blaß gelblich-weiß, sehr politurfähig, völlig dehnbar, magnetisch wie Nickel und schmelzbar wie Kupfer. Platinkupfer bildet sich erst in der Weißglühhitze und ist bei gleichen Theilen blaßgelb, in Farbe und spec. Gewicht dem Gold ähnlich, dehnbar und leicht zu feilen; es läuft an der Luft nicht an; $^1/_{27}$ Platin macht Kupfer geschmeidig, rosenroth und auf dem Bruch feinkörnig. Platinzink bildet sich noch vor dem Glühen unter lebhafter, zum Theil bis zur Explosion steigender Feuerentwicklung, ist bläulich-weiß, sehr hart und leicht schmelzbar und verliert beim

Glühen an der Luft das meiste Zink durch Oxydation. Platincadmium ist als $PtCd_2$ fast silberweiß, sehr spröde, feinkörnig und strengflüssig. Platinblei bildet sich unter Feuerentwicklung und ist bei gleichen Theilen purpurfarben, streifig, hart, spröde und von körnigem Bruch und läuft an der Luft an. Platinwismuth bildet sich leicht und ist bei 1/3 Platin bläulich-grau, spröde, von blättrigem Bruch und leichtflüssig. Platinamalgam bildet sich leicht beim Erwärmen von Platinschwamm mit Quecksilber oder bei der Zersetzung des Natriumamalgams mit Platinchloridlösung oder breiförmigem Platinsalmiak; ist fest oder weich und verliert erst in starker Rothglühhitze das Quecksilber. Platinsilber ist weniger weiß und streckbar, aber härter als Silber, schmelzbar, und löst sich in Schwefelsäure mit Rücklassung des Platins. Platinpalladium ist bei gleichen Theilen grau und von der Härte des Stabeisens.

33. Vom Iridium. *)

Symb. und Aequiv. Ir = 98,841. Atomengew. (H = 1,0) 197,682 oder (O = 100,0) 1233,499. Spec. Gewicht vergl. §. 683. Spec. Wärme = 0,03683.

§. 683. Das Iridium stellt ein graues Metallpulver oder eine dem Platinschwamm ähnliche Masse von 15,86 spec. Gewicht dar, ist nicht vor dem Knallgasgebläse, wohl aber im Deflagrator schmelzbar und dann weiß, glänzend und von 18,68 spec. Gewicht. Natürlich kommt es ziemlich rein theils in Heraëdern, theils in sechsseitigen Tafeln vor und auf nassem Wege reducirt, als sog. Iridmohr, ist es ein dem Platinmohr sehr ähnliches, schwarzes Pulver, welches gleich diesem Weingeist in Essigsäure verwandelt und in Weingeistdampf erglüht.

Das von Tennant zuerst als eigenthümlich erkannte Iridium findet sich mit Platin und anderen Metallen legirt in geringer Menge im Platinerz, ferner als sog. gediegen Iridium, mit Osmium in Iridosmium und oxydirt mit den Oxyden vom Osmium, Eisen und Chrom im Irit. Man gewinnt es gewöhnlich aus den Platinerzlösungen auf die Bd. 3, S. 97—99 und 101 angegebene Weise. Der Iridmohr wird durch Aussetzen eines Gemisches von schwefelsaurem Iridoxyd und Weingeist an das Sonnenlicht und Kochen des gebildeten Niederschlags mit Wasser erhalten.

Iridium und Sauerstoff.

§. 684. Das Iridium ist im cohärenten Zustand an der Luft bei jeder Temperatur unveränderlich, wird aber im fein zertheilten Zustand beim Glühen für sich oder mit Kalihydrat an der Luft oder beim Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali in Irid-Sesquioxydul, Ir_2O_3 verwandelt; außer diesem Oxyd bildet das Irid noch mehrere andere, auf mittelbare Weise darzustellende Oxydationsstufen, nämlich das Iridoxydul, IrO, das Iridoxyd, IrO_2 und das Iridsesquioxyd, IrO_3. Das Irid ist für sich in Schwefelsäure und Salpetersäure gar nicht und in Königswasser nur sehr wenig löslich, in reichlicherer Menge aber in letzterem, wenn es mit Platin verbunden ist.

*) Durch die Entdeckung des Ruthens von Claus hat es sich ergeben, daß die vorzüglich von Berzelius studirten Iridverbindungen einen Gehalt von Ruthen haben, die reinen Verbindungen aber nur wenig bekannt sind und ihre angegebenen Eigenschaften später wesentlich modificirt werden müssen.

Blaues Iridoxyd bildet sich in verschiedenen Fällen, namentlich beim Uebersättigen des in Wasser gelösten Iridchlorid-Chlorkaliums mit Ammoniak und Abdampfen der Flüssigkeit, wobei sich in einem gewissen Zeitpunkt ein blauer Niederschlag bildet, der Ammoniak enthält und in Säuren mit blauer Farbe löslich ist; wird als ein Gemisch von Oxydul und Sesquioxydul betrachtet.

Iridoxydul.

92,51 —	98,841	Irid
7,49 —	8,000	Sauerstoff.
100,00 —	106,841	Iridoxydul.

Symbol. und Aequiv. $IrO = 106{,}841$.

§. 685. Das Iridoxydul stellt ein schwarzes, schweres Pulver dar, welches mit Wasser ein im frisch gefällten Zustand grüngraues, voluminöses Hydrat bildet; das wasserfreie Oxyd löst sich nur wenig in kochenden Säuren, das Hydrat leicht zu **Iridoxydulsalzen**, Sales iridiosi, deren Lösungen schmutzig grün oder grünbraun, im verdünnten Zustand farblos sind und durch Chlor unter höherer Oxydation blau oder rothbraun gefärbt werden.

Man erhält das Iridoxydul durch Kochen des auf trocknem Wege bereiteten Iridchlorürs mit ziemlich concentrirter Kalilauge und Behandeln des Niederschlags mit einer verdünnten Säure, das Hydrat durch Zersetzung des in Wasser gelösten Iridchlorür-Chlorkaliums mit einem feuerbeständigen kohlensauren Alkali.

Iridsesquioxydul.

89,17 —	197,682	Sauerstoff
10,83 —	24,000	Irid
100,00 —	221,682	Iridsesquioxydul.

Symb. und Aequiv. $Ir_2O_3 = 221{,}682$.

§. 686. Das Iridsesquioxydul stellt ein blau- oder bräunlich-schwarzes, zartes Pulver dar, welches für sich erst bei dem Schmelzpunkt des Silbers in Metall und Sauerstoff zerfällt, aber durch Wasserstoffgas schon bei gewöhnlicher Temperatur unter oft bis zum Erglühen gesteigerter Wärmeentwicklung und durch Erhitzen mit anderen bemerkbaren Körpern unter heftiger Verpuffung zersetzt wird; es bildet ein alkalihaltiges, im frisch gefällten Zustande voluminöses, dunkelbraunes Hydrat.

Man erhält das Iridsesquioxydul durch Erhitzen des Iridchlorid-Chlorkaliums mit kohlensaurem Alkali in einem bedeckten Tiegel bis zum anfangenden Glühen, Auslaugen des Rückstandes mit kochendem Wasser und Waschen mit Salmiakwasser und verdünnter Säure, das Hydrat durch Zersetzung des in Wasser gelösten Iridsesquichlorürs mit Kali oder Natron.

§. 687. Das Iridsesquioxydul bildet mit den Säuren die **Iridsesquioxydulsalze**, Sales sesquiiridiosi, welche sich mit dunkelbrauner oder schmutzig purpurrother Farbe lösen und durch Alkalien braun gefällt werden.

Man erhält diese Salze durch Lösen des Hydrates in Säure (das wasserfreie Oxyd ist nicht in Säuren und glühendem saurem schwefelsaurem Kali löslich).

Iridoxyd.

86,07 —	98,841	Irid
13,93 —	16,000	Sauerstoff
100,00 —	114,841	Iridoxyd.

Symb. und Aequiv. $IrO^2 = 114{,}841$.

§. 688. Das Iridoxyd ist nur in seinen Verbindungen mit Säuren, in den Iridoxydsalzen, Sales iridici, bekannt; diese sind im trocknen Zustand schwarz, als Pulver roth, werden beim Glühen zersetzt und geben mit wenig Wasser dunkel braunrothe, fast undurchsichtige, mit viel Wasser rothgelbe und bei sehr großer Verdünnung noch deutlich gelbe Lösungen, welche durch die meisten Metalle (Gold und Platin ausgenommen) entfärbt werden und einen Theil des Irids als schwarzes Pulver fallen lassen, durch Ammoniak, Kali und Natron zum Theil schwarzbraun und unter Entfärbung gefällt werden (die ammoniakalische Flüssigkeit setzt beim Verdunsten ein blaues Pulver ab und die Flüssigkeit der anderen Alkalien färbt sich nach dem Erhitzen von oben nach unten immer dunkler blau und setzt dann beim Verdunsten einen blauen Niederschlag ab); kohlensaures Ammoniak entfärbt die Lösungen ohne Bildung eines Niederschlages; einfach-kohlensaures Kali verursacht einen hell rothbraunen Niederschlag, der sich aber allmählig mit Rücklassung eines schwarzbraunen Pulvers ohne Farbe wieder löst; doppelt-kohlensaures Kali und phosphorsaures Natron wirken nach einiger Zeit entfärbend ohne einen Niederschlag; Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium entfärben ebenfalls und setzen erst nach einiger Zeit einen braunen, im Ueberschuß von Schwefelammonium löslichen Niederschlag ab. Jodkalium wirkt ebenfalls entfärbend; Zinnchlorür giebt unter Entfärbung einen blaßbraunen und Eisenvitriol einen schmutziggrünen Niederschlag; salpetersaures Quecksilberoxydul verursacht einen blaßbraunen Niederschlag; Oxalsäure wirkt langsam, Galläpfeltinktur und Cyankalium rasch entfärbend. Die durch obige Stoffe entfärbten Lösungen der Iridoxydsalze werden, insofern keine vollständige Fällung stattgefunden hat, durch wenig Chlor grün, durch mehr Chlor violettroth gefärbt.

Man erhält die Iridoxydsalze aus den Salzen der niedrigeren Oxydationsstufen durch Kochen derselben an der Luft oder mit Salpetersäure.

Iridsesquioxyd.

80,46	— 98,841	Irid
19,54	— 24,000	Sauerstoff
100,00	— 122,841	Iridsesquioxyd.

Symb. und Aequiv. $IrO_3 = 122{,}841$.

§. 689. Diese Oxydationsstufe ist nur als braun- oder grüngelbes, viel Kali enthaltendes Hydrat bekannt, das nach dem Trocknen beim Erhitzen unter plötzlichem Knistern und Entwicklung von Sauerstoffgas und Wasserdampf zersetzt wird und sich in feuchtem Zustand in erwärmter Salzsäure mit gelber Farbe löst.

Man erhält das Hydrat durch Digestion des Iridsesquichlorid-Chlorkaliums mit kohlensaurem Alkali.

Kohlenstoffiridium, IrC_4, bildet sich beim Einhalten von cohärentem Irid in die Flamme einer Weingeistlampe als eine kohlige, abfärbende, sanft anzufühlende Vegetation, welche sich beim geringen Erhitzen entzündet und mit Rücklassung von viel Irid fortglimmt. Auch die Oxyde geben beim Erhitzen in Kohlenwasserstoff, Weingeist-, Aether- oder dem Dampf flüchtiger Oele Kohlenstoffiridium.

Iridium und Salzzeuger.

Iridchlorür, chlorwasserstoffsaures Iridoxydul.

73,59	— 98,841	Irid
26,41	— 35,463	Chlor
100,00	— 134,304	Iridchlorür.

Symb. und Aequiv. $IrCl = 134{,}304$. Atom. Ir €l ($IrCl_2$).

§. 690. Das Iridchlorür bildet sich beim bis zum anfangenden Glühen gesteigerten Erhitzen des fein zertheilten Irids in einem Strom von Chlorgas, und stellt ein leichtes, dunkel olivengrünes, stark abschmutzendes Pulver dar, wird beim heftigen Glühen in Chlorgas, Iridsesquichlorür, Iridchlorid und Metall zersetzt, löst sich nicht in Wasser, sehr wenig in kochender Salzsäure und Königswasser, und bildet mit anderen Chlormetallen Chlorsalze (die Lösung des Iridoxyduls in Salzsäure hinterläßt beim Verdunsten eine durchsichtige gelbe Masse, die sich in wenig kochendem Wasser vollständig löst, bei mehr Wasser aber das Chlorür als ein grünbraunes Pulver fallen läßt).

Iridchlorür-Chlorkalium (KCl, IrCl), aus der weingeistigen Lösung des Iridsesquichlorürs durch Chlorkalium und Verdunsten erhalten, bildet undeutliche, dunkel- oder gelb-grüne Krystalle und ist in Wasser, nicht in Weingeist löslich. Iridchlorür-Chlornatrium bildet sich neben Iridsalmiak bei der Vermischung des Iridsesquichlorür-Chlornatriums mit Salmiak, ist grün, zerfließlich und in Weingeist löslich. Iridchlorür-Chlorammonium (H_4NCl, IrCl) bildet sich neben Iridsalmiak beim gelinden Erwärmen des Sesquichlorürs mit Salmiak, ist grün, krystallinisch und in wässerigem Weingeist löslich.

Iridsesquichlorür, chlorwasserstoffsaures Iridsesquioxydul.

65,03	— 197,682	Irid
34,97	— 106,389	Chlor
100,00	— 304,091	Iridsesquichlorür.

Symb. und Aequiv. Ir_2Cl_3 = 304,091. Atom. $IrCl_3$ (Ir_2Cl_6).

§. 691. Das Iridsesquichlorür sublimirt beim Erhitzen des Irids in Chlorgas, ist braungelb, nicht krystallinisch und in Wasser unlöslich (wird Irid mit Salpeter geglüht, die Masse mit erwärmter Salpetersäure behandelt und nach dem Auswaschen der Rückstand in Salzsäure gelöst, so bildet sich unter Chlorentwicklung Sesquichlorür, welches nach dem Verdunsten eine schwarze Masse darstellt, die an der Luft feucht wird und sich in weniger oder mehr Wasser mit rothbrauner, dunkel gelbrother, braungelber oder gelber Farbe löst); das Iridsesquichlorür verbindet sich mit basischen Chlormetallen zu Chlorsalzen.

Iridsesquichlorür-Chlorkalium (2 KCl, Ir_2Cl_3) bildet sich beim Erhitzen des Iridchlorid-Chlorkaliums mit feinzertheiltem Irid, ist braunschwarz, nicht krystallinisch und in Wasser, aber nicht in Weingeist löslich. Iridsesquichlorür-Chlornatrium ist auch in Weingeist löslich. Iridsesquichlorür-Chlorammonium ist in Wasser, aber nicht in Weingeist löslich.

Iridchlorid, chlorwasserstoffsaures Iridoxyd.

58,23	— 98,841	Irid
41,77	— 70,926	Chlor.
100,00	— 169,767	Iridchlorid.

Symb. und Aequiv. $IrCl_2$. Atom. $IrCl_2$ ($IrCl_4$).

§. 692. Das Iridchlorid bildet sich bei der Digestion des Sesquichlorürs mit Königswasser oder beim Einleiten von Chlorgas in mit Wasser vertheilten Iridsalmiak und stellt nach dem Verdunsten in gelinder Wärme eine schwarze, an den Kanten mit dunkelrother Farbe durchscheinende Masse dar, wird erst in hoher Temperatur zersetzt, löst sich leicht in Wasser und Weingeist, bildet mit Iridoxyd ein gelbbraunes Iridoxychlorid (durch

Fällung des Iridchlorid-Chlorkaliums mit wenig salpetersaurem Quecksilberoxydul zu erhalten) und verbindet sich mit basischen Chlormetallen.

Iridchlorid-Chlorkalium (KCl, $IrCl_2$) schlägt sich aus der Chloridlösung durch Chlorkalium nieder und bildet sich auch beim Leiten von Chlorgas über ein schwach glühendes Gemenge von fein zertheiltem Irid und Chlorkalium; es stellt kleine, glänzende, rothschwarze, reguläre Oktaëder oder ein dunkelrothes Pulver dar, löst sich wenig in kaltem, mehr in kochendem Wasser, nicht in Weingeist, und wird nicht beim gelinden Rothglühen, wohl aber beim stärkeren in die Sesquichlorürverbindung und bei noch stärkerer Hitze vollständig zersetzt. Iridchlorid-Chlornatrium krystallisirt in schwarzen Tafeln und vierseitigen Säulen. Iridchlorid-Chlorammonium ($H_4NCl, IrCl_2$) ist der sog. Iridsalmiak, welcher aus den concentrirten Lösungen des Sesquichlorürs und Chlorides oder des Iridchlorid-Chlornatriums durch Salmiak als ein dunkel kirschrothes Pulver niederfällt, aus der heiß bereiteten wässerigen Lösung in kleinen rothschwarzen Oktaëdern krystallisirt und in Weingeist unlöslich ist.

Iridsesquichlorid, chlorwasserstoffsaures Iridsesquioxyd.

48,16	— 98,841	Irid
51,84	— 106,389	Chlor.
100,00	— 205,280	Iridsesquichlorid.

Symb. und Aequiv. $IrCl_3 = 205{,}23$. Atom. Ir Cl_3 ($IrCl_6$).

§. 693. Ist nur in Verbindung mit Chlorkalium als Iridsesquichlorid-Chlorkalium (3 KCl, $IrCl_3$) bekannt, welches aus dem mit Salpeter geglühten und mit Königswasser abdestillirten Iridosmium durch Wasser ausgezogen wird; es krystallisirt in braunen, bei durchfallendem Licht rubinrothen, rhombischen Säulen, wird beim Erhitzen mit Wasserstoffgas zersetzt und löst sich leicht in Wasser, nicht in Weingeist; die wässerige Lösung ist rosenroth und wird durch Schwefelwasserstoff erst nach längerem Stehen in verschlossenen Gefäßen bei 60° und da nur unvollständig zersetzt (ist nach Claus Ruthenchlorid-Chlorkalium).

Bromiridium ist unbekannt.

Iridiodid, IrI_2, bildet sich beim Kochen des Iridchlorides mit Jodkalium und Salzsäure, ist schwarz, pulverig, in Wasser und Säuren unlöslich und verliert beim Siedpunkt des Quecksilbers das Jod.

Iridium und Kieszeuger.

Iridsulphür.

86,07	— 98,841	Irid
13,93	— 16,000	Schwefel
100,00	= 114,841	Iridsulphür.

Symb. und Aequiv. Ir S = 114,841.

§. 694. Glühendes Irid verbindet sich mit Schwefeldampf unter schwacher Feuerentwicklung zu Iridsulphür, welches auch durch Glühen der höheren Schwefelungsstufen bei abgehaltener Luft oder durch Zersetzung eines Iridoxydulsalzes mit Schwefelwasserstoff erhalten wird. Das auf trocknem Wege dargestellte ist grau, dem Bleiglanz ähnlich und in Salpetersäure und Königswasser unlöslich, das präcipitirte dunkel gelbbraun und schon in kalter Salpetersäure, wie auch in Schwefelkalium löslich. Es zersetzt sich nicht beim starken Glühen in verschlossenen Gefäßen und wird beim Rösten an der Luft unter Entwicklung von schwefeliger Säure in ein dunkelbraunes basisch-schwefelsaures Salz verwandelt.

Iridsesquisulphür, Ir_2S_3, wird durch Zersetzung eines Sesquioxydul-

salzes mit Schwefelwasserstoff erhalten, ist braunschwarz, etwas in Wasser, leicht in Salpetersäure und Schwefelkalium löslich, und giebt beim Erhitzen anfangs Wasser und schwefelige Säure, dann Schwefel mit Hinterlassung von Iridsulphür.

Iridsulphid.

75,31	— 98,841	Irid
24,69	— 32,000	Schwefel
100,00	— 130,841	Iridsulphid.

Symb. und Aequiv. $IrS_2 = 130,841$.

§. 695. Das Iridsulphid wird beim Glühen des Iridsalmiaks mit Schwefel oder des feinzertheilten Irids mit Schwefel und kohlensaurem Alkali als ein schwarzes Pulver, durch Zersetzung des Iridchlorides mit Schwefelwasserstoff als ein dunkel gelbbrauner Niederschlag und durch Zersetzung einer weingeistigen Iridchloridlösung mit Schwefelkohlenstoff als ein schwarzes, an einigen Stellen glänzendes, sandig anzufühlendes und zwischen den Zähnen knirschendes Pulver erhalten; es verliert beim Erhitzen an der Luft allen Schwefel und das auf nassem Wege erhaltene löst sich in Salpetersäure und Schwefelkalium, auch etwas in Wasser.

Iridsesquisulphid, IrS_3, wird durch Zersetzung des Iridsesquichlorid-Chlorkaliums mit Schwefelwasserstoff als ein dunkel gelbbrauner Niederschlag erhalten, welcher sich in Wasser, Salpetersäure und Schwefelkalium löst und beim Erhitzen Wasser, schwefelige Säure und Schwefel mit Hinterlassung von Sulphür giebt.

Seleniridium und Telluriridium sind unbekannt.

Phosphoriridium bildet sich beim Glühen von Irid in Phosphordampf und verwandelt sich beim Erhitzen an der Luft unter schwacher Verbrennung in ein Gemenge von Metall und phosphorsaurem Iridoxydul.

Arseniridium und Antimoniridium sind unbekannt.

Boriridium und Kieseliridium sind ebenfalls unbekannt.

Iridium und Metalle.

§. 696. Von den Legirungen des Iridiums sind nur wenige bekannt. Iridkupfer ist bei 4/5 Kupfer blaßroth, ductil und viel härter als Kupfer und hinterläßt bei der Behandlung mit Salpetersäure das Irid als ein schwarzes Pulver. Iridblei ist bei 7/8 Blei ductil, aber viel weißer und härter als Blei, und hinterläßt bei der Behandlung mit Salpetersäure oder beim Kupelliren das Irid als ein schwarzes Pulver. Iridamalgam durch Zersetzung des Iridchlorid-Chlornatriums mit Natriumamalgam erhalten, ist sehr dickflüssig und hinterläßt beim heftigen Glühen ein schwarzes Pulver, welches in kochendem Königswasser vollständig löslich ist. Iridsilber ist eine unvollständige, aber dehnbare Legirung. Iridplatin ist bei gleichen Theilen spröde, aber schweißbar, bei 10/11 Platin hämmerbar; es findet sich auch natürlich als sogen. Gediegen-Iridium (Ir_4Pt) in Eubooktaëdern von 21,8 bis 22,8 spec. Gewicht und als $IrPt_2$ in weißen runden Körnern von 16,94 spec. Gewicht.

34. Vom Ruthenium.

Symb. und Aequiv. Ru = 52,163. Atomengew. (H = 1,0) 104,326 oder (O = 100,0) 651,0. Spec. Gewicht = 8,6 (?). Spec. Wärme?

§. 697. Das Ruthenium stellt metallglänzende, grauweiße, eckige,

kleine, poröse, dem Iridium sehr ähnliche Stücke dar, ist sehr spröde und leicht zu einem feinen schwarzgrauen Pulver zerreiblich, schwer schmelzbar und sintert vor dem Knallgasgebläse nur schwach zusammen.

Das von Claus im Jahr 1845 entdeckte Ruthen findet sich im Platinerz, namentlich in den bei der Behandlung mit Königswasser bleibenden Rückständen desselben, ferner im Iridosmium und Irit. Man gewinnt es am besten aus dem feingestoßenen und durch Salzsäure von dem anhängenden Eisen befreiten Iridosmium auf die Weise, daß man das Pulver mit Kochsalz vermischt in einer Porcellanröhre beim Rothglühen mit feuchtem Chlorgas behandelt, dann die nur zum Theil aufgeschlossene Masse mit kaltem Wasser auszieht, die concentrirte braune Lösung mit einigen Tropfen Ammoniak vermischt erwärmt, den dabei sich bildenden, aus Ruthen- und Osmiumoxyd bestehenden Niederschlag nach dem Auswaschen mit einer hinreichenden Menge Salpetersäure abdestillirt, wobei das Osmium als Säure entweicht, den Rückstand mit Salpeter und Aetzkali in einem Silbertiegel eine Stunde lang möglichst stark glüht, die erkaltete Masse mit kaltem Wasser auszieht, die helle, pomeranzengelbe Flüssigkeit mit Salpetersäure neutralisirt und das dabei sich abscheidende schwarze Ruthenoxyd nach dem Auswaschen und Trocknen durch Wasserstoffgas in der Glühhitze reducirt.

Ruthenium und Sauerstoff.

§. 698. Das Ruthenium hat nächst dem Osmium unter allen Platinmetallen die größte Neigung, sich mit Sauerstoff zu verbinden; es verbrennt sehr leicht beim Glühen an der Luft oder in der oxydirenden Flamme des Löthrohrs zu Ruthensesquioxydul, Ru_2O_3, und wird durch Glühen mit Kali oder Salpeter in Ruthensäure, RuO_3, verwandelt; auf mittelbare Weise lassen sich noch ein Ruthenoxydul, RuO, und Ruthenoxyd, RuO_2, darstellen. In Säuren und Königswasser ist das Ruthenium nur wenig löslich.

Ruthenoxydul.

86,7	52,163	Ruthen
13,3	8,000	Sauerstoff
100,0	60,163	Ruthenoxydul.

Symb. und Aequiv. $RuO = 60,163$.

§. 699. Das Ruthenoxydul ist schwarzgrau und nicht in Säuren, wenig in Alkalien löslich; es wird schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Wasserstoff, aber nicht durch Glühen für sich reducirt; seine Salze sind noch gänzlich unbekannt

Man erhält das Oxydul durch Glühen eines Gemenges von Ruthenchlorür und kohlensaurem Natron in einer Atmosphäre von Kohlensäuregas und Auswaschen der erkalteten Masse mit Wasser.

Ruthensesquioxydul.

81,3	104,326	Ruthen
18,7	24,000	Sauerstoff
100,0	128,326	Ruthensesquioxydul.

Symb. und Aequiv. $Ru_2O_3 = 128,326$.

§. 700. Das Ruthensesquioxydul ist schwarzblau und unlöslich in Säuren, und wird durch Wasserstoff in der Hitze, aber nicht für sich reducirt. Es bildet mit Wasser ein schwarzbraunes (jedoch alkalihaltiges) Hydrat, welches in einer Atmosphäre von Kohlensäure erhitzt ein plötzliches starkes Erglühen zeigt und dabei wasserfrei wird; es löst sich mit pomeranzen-

gelber Farbe in Säuren, nicht in Alkalien. Seine Salze sind ebenfalls noch gänzlich unbekannt.

Man erhält das Ruthensesquioxydul durch anhaltendes Glühen des Metalles an der Luft, das Hydrat durch Zersetzung des Ruthensesquichlorürs mit reinem oder kohlensaurem Alkali.

Ruthenoxyd.

76,53 — 52,163	Ruthen
23,47 — 16,000	Sauerstoff
100,00 — 68,163	Ruthenoxyd.

Symb. und Aequiv. $Ru\,O_2 = 68{,}163$.

§. 701. Das Ruthenoxyd ist grünlich-schwarzgrau und unlöslich in Säuren und wird nicht für sich, aber in der Hitze durch Wasserstoff reducirt. Es bildet mit Wasser ein (stark alkalihaltiges) Hydrat, welches frisch gefällt gelatinös und gelbbraun ist und sich mit gelber Farbe in Säuren, auch ziemlich in Alkalien löst. Von seinen Salzen kennt man nur das schwefelsaure.

Man erhält das Ruthenoxyd durch anhaltendes Glühen der entsprechenden Schwefelverbindung an der Luft, das Hydrat durch Erhitzung des in Wasser gelösten Ruthenchlorides mit wenig Alkali, und das schwefelsaure Ruthenoxyd durch Oxydation der Schwefelverbindung mit Salpetersäure und Verdunsten, wobei es als eine saure, braune, klebrige Masse zurückbleibt, die beim Erhitzen bis 180° Schwefelsäure verliert und sich in eine spröde, pomeranzengelbe Masse ($Ru\,O_2$, SO_3) verwandelt, welche an der Luft Feuchtigkeit anzieht, und mit gelber Farbe in Wasser löslich ist.

Ruthensäure.

68,49 — 52,163	Ruthen
31,51 — 24,000	Sauerstoff
100,00 — 80,163	Ruthensäure.

Symb. und Aequiv. $Ru\,O_3 = 80{,}163$.

§. 702. Die Ruthensäure ist bis jetzt nur als ruthensaures Kali und dieses im aufgelösten Zustand als eine prächtig orangegelbe, neutrale, stark zusammenziehend, wie Gerbsäure schmeckende, die Haut rasch schwarz färbende Flüssigkeit, aus welcher Säuren ein schwarzes Oxyd fällen, bekannt.

Das Kalisalz bildet sich beim Glühen des Metalles mit Kali und salpetersaurem oder chlorsaurem Kali.

Ruthenium und Salzzeuger.

Ruthenchlorür, chlorwasserstoffsaures Ruthenoxydul.

59,53 — 52,163	Ruthen
40,47 — 35,463	Chlor
100,00 — 87,626	Ruthenchlorür.

Symb. und Aequiv. $Ru\,Cl = 87{,}626$. Atom. $Ru\,\text{Ꞓl}$ ($Ru\,Cl_2$).

§. 703. Das Ruthenchlorür bildet sich beim Erhitzen des Metalles mit Chlor, ist schwarz, krystallinisch-pulverig, unlöslich in Wasser und Säuren, selbst in Königswasser, und wird nur wenig von kochender Kalilauge verändert.

Eine lösliche Modification des Ruthenchlorürs scheint sich zu bilden, wenn man die Lösung des Sesquichlorürs längere Zeit mit Schwefelwasserstoff behandelt, wobei die Flüssigkeit unter Abscheidung von braunem Schwefelmetall schön blau gefärbt wird.

Ruthensesquichlorür, chlorwasserstoffsaures Ruthensesquioxydul.

49,52 —	104,326	Ruthen
50,48 —	106,389	Chlor
100,00 —	210,715	Ruthensesquichlorür.

Symb. und Aequiv. $Ru_2 Cl_3 = 210{,}715$. Atom. Ru Cl ($Ru_2 Cl_6$).

§. 704. Das Ruthensesquichlorür bildet sich neben Chlorür beim Erhitzen des Metalles in Chlorgas als ein gelbbrauner Dampf und wird durch Lösen des aus dem ruthensauren Kali erhaltenen schwarzen Oxydes in Salzsäure und Verdampfen als eine braungelbe, krystallinische, zerfließliche Masse erhalten, die beim stärkeren Erhitzen dunkelgrün und an einigen Stellen blau wird, rein zusammenziehend, nicht metallisch schmeckt und fast gänzlich mit schön pomeranzengelber Farbe in Wasser und Weingeist löslich ist. Die wässerige Lösung zerfällt beim Erhitzen in schwarzbraunes Oxyd und freie Salzsäure, wird größtentheils durch reine, kohlensaure, phosphorsaure und erhitzte borsaure Alkalien als schwarzbraunes Sesquioxydulhydrat und durch Schwefelammonium als schwarzbraunes, etwas im Ueberschuß lösliches Schwefelmetall gefällt, durch Zink lasurblau gefärbt und dann unter Entfärbung das Metall abgeschieden, durch ameisensaures Natron in der Wärme nur entfärbt, durch Kaliumeisencyanür erst entfärbt und dann grün und durch Quecksilbercyanid unter blauer Färbung blauschwarz gefällt. Es bildet mit Chlorkalium und Chlorammonium schwerlösliche Chlorsalze.

Ruthensesquichlorür-Chlorkalium ($2\,KCl, Ru_2 Cl_3$) krystallisirt in pomeranzengelben Cuben, löst sich nicht in Weingeist und Salmiaklösung, schwierig in Wasser und einer weingeistigen Chlormetalllösung. Ruthensesquichlorür-Chlorammonium ($2\,H_4 NCl, Ru_2 Cl_3$) krystallisirt in Octaëdern und cubischen Tafeln und hinterläßt beim Glühen in Wasserstoffgas reines Metall.

Ruthenchlorid, chlorwasserstoffsaures Ruthenoxyd.

42,38 —	52,163	Ruthen
57,62 —	70,926	Chlor
100,00 —	123,089	Ruthenchlorid.

Symb. und Aequiv. $Ru Cl_2 = 123{,}089$. Atom. Ru Cl_2 ($Ru Cl_4$).

§. 705. Das Ruthenchlorid ist für sich unbekannt; es bildet mit Chlorkalium das Ruthenchlorid-Chlorkalium ($KCl, Ru Cl_2$), welches ein braunes, ins Rosenrothe spielendes, aus durchsichtigen, rosenrothen Prismen und sechsseitigen Tafeln bestehendes Krystallpulver darstellt, sehr zusammenziehend schmeckt und sich nicht in Weingeist, wenig in Salmiaklösung, leicht in Wasser löst; die tief rosenroth gefärbte Lösung giebt mit kohlensaurem Kali braungelbes gelatinöses Oxydhydrat und wird wenig vom Schwefelwasserstoff verändert.

Man erhält diese Verbindung durch zweistündiges Glühen des Metalles mit Salpeter im Silbertiegel, Aufweichen mit Wasser, Digestion mit Salpetersäure, Vermischen der dunkelbraunen Lösung mit Salzsäure und Verdunsten zur Krystallisation, wobei zuerst Salpeter anschießt, und durch Verdunsten der Mutterlauge das Chlorsalz erhalten wird (nach Claus ist das §. 693 beschriebene Iridsesquichlorid-Chlorkalium nichts Anderes als die beschriebene Ruthenverbindung).

Ruthenium und Kieszeuger.

Schwefelruthenium.

§. 706. Das Ruthen scheint sich mit Schwefel in eben so vielen Verhältnissen zu verbinden als mit Sauerstoff, bis jetzt ist es aber noch nicht

gelungen, diese Verbindungen rein darzustellen, da bei der Zersetzung der verschiedenen Chloride durch Schwefelwasserstoff Niederschläge erhalten werden, welche mehr Schwefel enthalten, um jenen Verbindungen zu entsprechen. Sie oxydiren sich leicht und gehen zum Theil in schwefelsaure Salze über, erglühen beim Erhitzen in Kohlensäuregas plötzlich unter schwacher Verpuffung und hinterlassen Ruthensesquisulphür, Ru_2S_3 (?), als ein graues metallisches Pulver, oxydiren sich mit rauchender Salpetersäure unter Erglühen und Funkensprühen und werden von gewöhnlicher Salpetersäure gelöst. Ruthensulphid, RuS_2, ist im feuchten Zustand gelbbraun, trocken schwarzbraun.

Die übrigen Verbindungen des Ruthens sind bis jetzt noch unbekannt.

35. Vom Rhodium.

Symb. und Aequiv. R = 52,196. Atomengew. (H = 1,0) 104,392 oder (O = 100,0) 651,387. Spec. Gewicht = 11,2 Spec. Wärme?

§. 707. Das Rhodium stellt gewöhnlich ein graues, dem Platinschwamm ähnliches Pulver dar, welches nicht schweißbar ist und vor dem Knallgasgebläse zu einem silberweißen oder stahlgrauen, glänzenden, spröden, harten Korn zusammenschmilzt und auch im Essenfeuer unvollkommen schmelzbar ist.

Das im Jahr 1804 von Wollaston entdeckte Rhodium findet sich in den verschiedenen Platinerzen und auch in manchem Iridosmium. Es wird auf die Bd. 1 S. 97 (auch durch Glühen der Chlornatriumverbindung und Auslaugen der salzigen Theile), 98 u. s. w. angegebenen Weisen gewonnen.

Rhodium und Sauerstoff.

§. 708. Das Rhodium ist an der Luft beständig; in der Rothglühhitze wird es aber in pulveriger Gestalt an der Luft rasch in Rhodoxydul, RO, und beim Glühen mit Alkalien, salpetersaurem und saurem schwefelsaurem Kali in Rhodoxyd, R_2O_3, verwandelt (es bildet auch mehrere intermediäre Oxyde). Für sich ist es (mit Ausnahme der Phosphorsäure) in Säuren unlöslich; nur in seiner Legirung mit Kupfer, Blei, Wismuth und Platin wird es vom Königswasser gelöst.

Rhodoxydoxydul, R_5O_6 (= 3 RO, R_2O_3), bildet sich beim fortgesetzten Glühen des fein zertheilten Metalles an der Luft und ist ein schwarzes Pulver; R_4O_5 (= 2 RO, R_2O_3) wird durch Zersetzung des Rhodiumsuperchlorürs mit kochendem Kali als ein gallertartiges, gelbbraunes, kalihaltiges Hydrat erhalten, welches sich in überschüssiger Kalilauge löst und durch kochende Salzsäure in Chlorür und Chlorid zerfällt.

Rhodoxydul.

86,71	— 52,196	Rhodium.
13,29	— 8,000	Sauerstoff
100,00	— 60,196	Rhodoxydul.

Symb. und Aequiv. RO = 60,196.

§. 709. Das Rhodoxydul ist schwarz, pulverig, auf dem Strich nicht metallglänzend und wird durch starkes Glühen desoxydirt, beim schwächeren wieder oxydirt; mit Zucker erhitzt, reducirt es sich unter schwacher Verpuffung. Von seinen Salzen kennt man das schwefelsaure Rhodoxydul, welches ein schwarzes, in Wasser und Säuren unlösliches Pulver darstellt, das an Kali einen Theil der Säure abgiebt.

Man erhält das Rhodoxydul durch Rothglühen des pulverigen Metalles, das schwefelsaure Salz durch Rothglühen des Oxydsalzes, durch gelindes Erhitzen des Schwefelrhodiums an der Luft oder durch Erhitzen des Oxydhydrates mit Schwefelsäure.

Rhodoxyd.

81,3 — 104,392 Rhodium		93,29 — 128,392 Rhodoxyd	
18,7 — 24,000 Sauerstoff		6,71 — 9,000 Wasser	
100,0 — 128,392 Rhodoxyd:		100,00 — 137,392 Rhodoxydhydrat.	

Symb. und Aequiv. $R_2O_3 = 128,392$ und R_3O_3, Aq. $= 137,392$.

§. 710. Das Rhodoxyd ist schwarz und bildet mit Wasser ein grüngraues oder braunes Hydrat; beide werden schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Wasserstoffgas unter Wärmeentwicklung reducirt.

Man erhält das Rhodoxydhydrat durch Erhitzen des Metalles mit Kalihydrat und etwas Salpeter und Auswaschen der Masse mit Wasser, Salzsäure und Wasser, oder durch Eindampfen des Rhodchlorid-Chlorkaliums mit kohlensaurem Alkali und Auswaschen mit Wasser, das wasserfreie Oxyd durch einstündiges Glühen des Hydrates.

§. 711. Das Rhodoxyd bildet mit den Säuren die Rhodoxydsalze, Sales rhodici (das wasserfreie Oxyd und auf erstere Weise dargestellte Hydrat löst sich nicht in Säuren, das auf letztere Art gewonnene Hydrat wegen seines Alkaligehaltes mit gelber Farbe); die Lösungen dieser Salze sind gewöhnlich rosenroth und schmecken rein zusammenziehend; sie werden durch Zink, Eisen, Kupfer und Quecksilber schwarz metallisch, durch Zinn oder Zinnchlorür braungelb und durch Kalkwasser rothbraun gefällt; die Lösung des salzsauren Rhodoxydammoniaks (Rhodchlorid-Chlorammonium) läßt durch Eisenvitriol ein gelbes, leicht in Salzsäure lösliches Pulver, durch reines oder kohlensaures Ammoniak citronengelbes, in Salzsäure leicht lösliches Rhodoxyd-Ammoniak, durch reines oder kohlensaures Kali beim Verdampfen kalihaltiges Oxydhydrat und durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium braunes Schwefelrhodium fallen und wird durch Jodkalium verdunkelt. Die Rhodoxydsalze werden sämmtlich beim Erhitzen mit Wasserstoffgas zersetzt.

Man erhält die Rhodoxydsalze schwierig durch Schmelzen des Metalles mit saurem schwefelsaurem Kali oder Phosphorsäurehydrat oder durch Lösen des Hydrates in Säuren.

Rhodium und Salzzeuger.

Rhodchlorür, chlorwasserstoffsaures Rhodoxydul.

59,54 — 52,196 Rhodium
40,46 — 35,463 Chlor
100,00 — 87,659 Rhodchlorür.

Symb. und Aequiv. $RCl = 87,659$. Atom. R€l (RCl_2).

§. 712. Das Rhodchlorür bildet sich beim Lösen des Rhodoxydoxyduls ($2\,RO, R_2O_3$) in Salzsäure und scheidet sich als ein graurothes oder schmutzig violettes Pulver ab, wird beim Erhitzen des Schwefelrhodiums in Chlorgas schön rosenroth erhalten und erst in stärkerer Hitze, leicht durch Wasserstoff zersetzt; es ist in Wasser, Salzsäure und Salpetersäure unlöslich.

Rhodsuperchlorür, R_4Cl_5 ($= 2\,RCl, R_2Cl_3$) bildet sich beim Leiten von Chlorgas über gelinde glühendes fein zertheiltes Rhodium, ist blaß rosenroth, pulverig, in Wasser und Salzsäure unlöslich und wird durch kochende Kalilauge in Oxydulhydrat zersetzt.

Rhodchlorid, chlorwasserstoffsaures Rhodoxyd.

49,53 —	104,392	Rhodium
50,47 —	106,389	Chlor
100,00 —	210,781	Rhodchlorid.

Symb. und Aequiv. $R_2Cl_3 = 210,781$. Atom. RCl_3 (R_2Cl_6).

§. 713. Wird aus der Chlorkaliumverbindung durch Zersetzung mit Kieselfluorwasserstoffsäure und Verdunsten des Filtrates als eine schwarzbraune, nichtkrystallinische Masse erhalten, zerfällt erst bei hoher Temperatur in seine Bestandtheile, zerfließt an der Luft und löst sich mit rosenrother Farbe in Wasser und Weingeist, mit gelber in Salzsäure. Es verbindet sich mit basischen Chlormetallen zu Chlorsalzen.

Rhodchlorid-Chlorkalium ($2KCl$, R_2Cl_3) bildet sich beim Leiten von Chlorgas über ein dunkel glühendes Gemenge von Rhodium und Chlorkalium (wird auch bei der Fällung der Platinerzlösung mit Chlorkalium nach der Abscheidung der Platinverbindung beim Verdunsten erhalten) und krystallisirt in dunkelrothen, rectangulären, ziemlich in Wasser, nicht in Weingeist löslichen Säulen. Rhodchlorid-Chlornatrium ($3NaCl$, R_2Cl_3), auf ähnliche Weise erhalten, krystallisirt in schön rothen, rhombischen, wasserhaltigen Säulen und Oktaëdern ($3NaCl$, R_2Cl_3, 18 Aq.), verwittert an der Luft zu einem pfirsichblüthrothen Pulver, wird bei hoher Temperatur zersetzt und löst sich leicht in Wasser, nicht in Weingeist. Rhodchlorid-Chlorammonium oder sog. Rhodsalmiak ($2H_4NCl$, R_2Cl_3, 2 Aq.) wird aus einer weingeistigen Rhodchloridlösung durch Salmiak niedergeschlagen, krystallisirt in langen, schwarzrothen, bei durchfallendem Licht granatrothen, sehr glänzenden, vierseitigen Säulen, löst sich leicht in Wasser, nicht in Weingeist, und wird beim Erhitzen zersetzt.

Bromrhodium und Jodrhodium sind unbekannt.

Rhodium und Kieszeuger.

Rhodsulphür.

76,56 —	52,196	Rhodium
23,44 —	16,000	Schwefel
100,00 —	68,196	Rhodsulphür.

Symb. und Aequiv. $RS = 68,196$.

§. 714. Das erhitzte Rhodium verbindet sich mit Schwefeldampf unter Erglühen zu Schwefelrhodium, welches sich auch beim Weißglühen des Rhodsalmiaks mit Schwefel bildet und eine geschmolzene, blauweiße metallische Masse darstellt; es entwickelt beim Erhitzen an der Luft schwefelige Säure mit Rücklassung von schwammigem Rhodium und giebt beim Erhitzen mit Chlorgas Rhodchlorür und Chlorschwefel.

Rhodsulphid, R_2S_3, wird durch Zersetzung des Rhodchlorid-Chlornatriums mit Schwefelammonium als ein dunkelbrauner Niederschlag erhalten, der sich an der Luft oxydirt und in Salpetersäure oder Schwefelkalium gänzlich, in Kalilauge theilweise und unter Abscheidung von metallischem Rhodium löslich ist.

Selenrhodium und Tellurrhodium sind unbekannt.

Phosphorrhodium ist unbekannt. Arsenrhodium, durch Zusammenschmelzen gebildet, verliert beim Erhitzen an der Luft mit Rücklassung von sprödem Rhodium das Arsen. Antimonrhodium ist unbekannt.

Borrhodium und Kieselrhodium sind unbekannt.

Rhodium und Metalle.

§. 715. Von den Legirungen des Rhodiums kennt man erst wenige. Rhodblei ist wie das Rhodwismuth und Rhodkupfer bei 3/4 Blei, Kupfer oder Wismuth gänzlich in Königswasser löslich. Rhodstahl ist von der schönsten Farbe und äußerst politurfähig. Rhodsilber ist schmelzbar, sehr dehnbar, bedeckt sich beim langsamen Erkalten mit einem schwarzen Pulver und giebt an Königswasser kein Rhodium ab.

36. Vom Osmium.

Symb. und Aequiv. Os = 99,722. Atomengew. (H = 1,0) 199,444 oder (O = 100,0) 1244,478. Spec. Gewicht (vergl. §. 716). Spec. Wärme?

§. 716. Das Osmium stellt ein schwammiges, blau-grauweißes, stark metallglänzendes, lose zusammenhängendes oder ein schwarzes, beim Druck Metallglanz annehmendes Pulver von ungefähr 7,0 spec. Gewicht oder eine dichte, in dünnen Blättchen etwas elastisch-biegsame, wie Iridosmium glänzende Masse von ungefähr 10,0 spec. Gewicht dar, ist unschmelzbar und nicht flüchtig.

Das von Tennant als eigenthümlich erkannte Osmium findet sich in den Platinerzen, im Iridosmium und Irit; es wird durch Zersetzung des Osmiumsalmiaks in der Hitze, oder durch Fällung der in Wasser gelösten Osmiumsäure mit Quecksilber und Erhitzung des Niederschlages in einem Strom von Wasserstoffgas, oder durch an einer Stelle bis zum Glühen gesteigertes Erhitzen eines durchströmenden Gemenges von Osmiumsäure und Wasserstoffgas in einer Röhre erhalten.

Osmium und Sauerstoff.

§. 717. Das Osmium ist bei gewöhnlicher Temperatur und bei 100° unveränderlich an der Luft, bei stärkerem Erhitzen aber und besonders, wenn es fein zertheilt ist, läßt es sich entzünden, glimmt fort und verbrennt zu Osmiumsäure, OsO_4. Ist das Osmium heftig geglüht worden, so ist es in Säuren und Königswasser unlöslich; in gar nicht oder weniger geglühtem Zustand löst es sich schon in reiner Salpetersäure als Osmiumsäure; diese bildet sich auch beim Glühen des Metalles mit Kalihydrat an der Luft oder bei Zusatz von Salpeter. Niedrigere Oxydationsstufen des Osmiums, nämlich das Osmiumoxydul, OsO, Osmiumsesquioxydul, Os_2O_3, und Osmiumoxyd, OsO_2, werden auf mittelbare Weise erhalten.

Ein blaues Osmiumoxyd bildet sich neben Osmiumsäure beim Glühen des Osmiums oder Platinerzes in einer lufthaltigen Retorte als ein blaues, bei durchfallendem Lichte grünes Sublimat und bei der Behandlung der wässerigen Osmiumsäure mit schwefeliger Säure als eine blaue schwefelsaure Lösung; es ist vielleicht ein Gemische von Oxydul mit Sesquioxydul oder von ersterem und Oxyd.

Osmiumsesquioxyd, OsO_3, soll in der rothen alkalischen Flüssigkeit befindlich sein, die sich unter Abscheidung von Oxydul bei der Digestion des Osmiumsesquichlorür-Chlorkaliums mit wässeriger Kalilauge bildet.

Osmiumoxydul.

92,57	—	99,722	Osmium
7,43	—	8,000	Sauerstoff
100,00	—	107,722	Osmiumoxydul.

Symb. und Aequiv. $OsO = 107,722$.

§. 718. Das Osmiumoxydul bildet ein tief dunkelgrünes (etwas alkali-

haltiges) Hydrat, welches durch Zersetzung des Osmiumchlorür-Chlorkaliums mit Kali erhalten wird, in verschlossenen Gefäßen erhitzt beim anfangenden Glühen sein Wasser entwickelt, schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Wasserstoffgas unter Wärmeentwicklung und beim Erhitzen mit anderen brennbaren Körpern unter Verpuffung reducirt wird und sich in Säuren langsam, aber vollständig und mit schwarzgrüner Farbe zu Osmiumoxydulsalzen, Sales osmiosi, löst, die mit kohlensaurem Natron eingetrocknet und vor dem Löthrohr erhitzt, den charakteristischen Geruch der Osmiumsäure entwickeln und dabei die Weingeistflamme leuchtend machen.

Das Osmiumoxydul findet sich mit Iridoxydul, Chromoxyd und Eisenoxyd als Irit ($2\,OsO$, $10\,IrO$, $3\,Cr_2O_3$, $3\,Fe_2O_3$) im Ural'schen Platinerz in zarten, stark glänzenden, schwarzen, graphitartigen Schuppen von 6,056 spec. Gewicht.

Osmiumsesquioxydul.

89,26	—	199,444	Osmium
10,74	—	24,000	Sauerstoff
100,00	—	223,444	Osmiumsesquioxydul.

Symb. und Aequiv. $Os_2O_3 = 223{,}444$.

§. 719. Ist nur in Verbindung mit Ammoniak als ein braunes Pulver bekannt, welches sich beim trocknen Erhitzen unter Zischen und Entwicklung von Stickstoffgas und Wasserdampf zu Metall reducirt, in Wasser nicht und nur wenig mit brauner Farbe in Säuren löst und durch Ameisensäure nicht reducirt wird.

Man erhält das Osmiumsesquioxydul-Ammoniak durch Digestion der Osmiumsäure mit überschüssigem Ammoniak bei 40 bis 60° in verschlossenen Gefäßen, bis die Fällung beginnt; beim theilweisen Oeffnen entweicht Stickstoffgas und beim Verdunsten der Flüssigkeit wird noch eine größere Menge der Verbindung als Niederschlag erhalten.

Osmiumoxyd.

86,17	—	99,722	Osmium
13,83	—	16,000	Sauerstoff
100,00	—	115,722	Osmiumoxyd.

Symb. und Aequiv. $OsO_2 = 115{,}722$.

§. 720. Das Osmiumoxyd ist schwarz und pulverig, wird bei abgehaltener Luft nicht in der Rothglühhitze zersetzt, aber schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Wasserstoffgas reducirt und verpufft beim Erhitzen mit brennbaren Körpern; es bildet mit Wasser ein schwarzes Hydrat, das sich wie das wasserfreie Oxyd nicht in Säuren löst. Man kennt nur das schwefelsaure Osmiumoxyd (erhalten durch Lösen des Osmiumsulphides in Salpetersäure) als einen dunkel gelbbraunen, herb schmeckenden, stark sauer reagirenden Syrup.

Man erhält das Osmiumoxyd durch nicht bis zum Glühen gesteigertes Erhitzen des Osmiumchlorid-Chlorkaliums mit kohlensaurem Alkali, oder durch Erhitzen des Hydrates in einem Strom von Kohlensäure, dieses durch Fällung der wässerigen Lösung der Kaliumverbindung mit kohlensaurem Alkali und Digestion des Niederschlages mit verdünnter Salzsäure.

Osmiumsäure, flüchtiges Osmiumoxyd.

75,706	—	99,722	Osmium
24,294	—	32,000	Sauerstoff
100,000	—	131,722	Osmiumsäure.

Symb. und Aequiv. $OsO_4 = 131{,}722$.

§. 721. Die Osmiumsäure bildet sich in den §. 717 angeführten Fällen, auch bei der Einwirkung von Salpetersäure auf die niedrigeren Oxydationsstufen des Osmiums oder seiner Chloralkalimetallverbindungen und beim Einleiten des mit Chlor vermengten Chlorosmiumdampfes in Kalkmilch; sie sublimirt in farblosen, durchsichtigen glänzenden Säulen, schmilzt leichter als Wachs zu einer ölartigen Flüssigkeit und erstarrt beim Erkalten zu einer weißen, durchscheinenden, krystallinischen, bei der Temperatur der Hand wie Wachs biegsamen Masse, kocht und verdampft unzersetzt bei mäßiger Wärme, riecht unerträglich stechend, dem Chlor und Jod ähnlich, schmeckt ätzend und brennend dem Gewürznelkenöl ähnlich, und löst sich in Wasser zu einer nicht auf Lakmus reagirenden, wasserhellen, wie die trockne Säure riechenden und schmeckenden Flüssigkeit und mit gelbrother Farbe in den wässerigen stärkeren Mineralsäuren.

Man erhält die Osmiumsäure durch langsames Ueberleiten von Sauerstoffgas über bis zum Glühen erhitztes Osmium, oder durch Glühen eines innigen Gemenges von Iridosmium und Salpeter bis zum Teigigwerden der Masse und Auftreten von dampfförmiger Osmiumsäure, Lösen in sehr wenig Wasser, Vermischen mit hinreichender Schwefelsäure und rascher Destillation nach stark abgekühlter Vorlage.

§. 722. Die Osmiumsäure zerfällt erst beim Glühen mit Wasserstoffgas in Metall und Wasser, wird durch alle organische Stoffe, so wie durch die Weingeistflamme (deren starkes Leuchten dadurch bedingt wird) reducirt, verpufft auf glühenden Kohlen wie Salpeter, und wird durch Schwefelwasserstoff schon bei niedriger Temperatur in Schwefelosmium und Wasser zersetzt.

Die wässerige Lösung der Osmiumsäure wird durch Phosphor und die meisten Metalle, selbst durch Quecksilber und Silber (aber nicht durch Platin, Rhodium, Iridium und Gold), so wie auch durch schwefelsaures Eisenoxydul metallisch reducirt, scheidet mit überschüssigem Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur langsam, in der Wärme schneller und unter Entwicklung von Stickstoffgas Sesquioxydul-Ammoniak ab und wird durch wenig schwefelige Säure gelb, und durch Vermehrung derselben braun, grün und zuletzt tiefblau, durch Galläpfeltinktur erst purpurn, zuletzt dunkelblau gefärbt; die weingeistige oder ätherische Lösung setzt bald alles Osmium metallisch ab.

§. 723. Die Osmiumsäure bildet mit den basischen Oxyden die osmiumsauren Salze, Osmiates; die Alkalisalze sind in trocknem Zustand gelbroth, im gelösten gelb, haben keinen Geruch und entlassen sowohl beim Kochen als wie beim Glühen die Osmiumsäure nur theilweise.

Man erhält die osmiumsauren Salze durch Sättigen der Säure mit Alkali, die übrigen durch doppelte Affinität. Osmiumsaures Ammoniak, durch Uebergießen der trocknen Säure mit Ammoniak erhalten, bildet sich dabei unter Wärmeentwicklung, so daß sie zu gelben Tropfen schmilzt, die bei dem Erkalten zu einer pomeranzengelben, nicht krystallinischen Masse gestehen.

Osmium und Salzzeuger.

73,74 —	99,722	Osmium
26,26 —	35,463	Chlor
100,00 —	135,185	Osmiumchlorür.

Symb. und Aequiv. $OsCl = 135{,}185$. Atom. $Os\,Cl$ ($OsCl_2$).

§. 724. Das Osmiumchlorür bildet sich neben Chlorid beim Leiten von

Chlorgas über erhitztes Osmium als dunkelgrünes Sublimat, wird an der Luft feucht und bildet dann dunkelgrüne Nadeln, und löst sich in wenig Wasser zu einer schön dunkelgrünen Flüssigkeit, die durch etwas mehr Wasser bald undurchsichtig wird und sich allmählig mit grauen, wolligen Theilchen von Osmium erfüllt, und durch viel Wasser sogleich in bläuliches Osmium, Salzsäure und Osmiumsäure zerfällt.

Osmiumchlorür-Chlorkalium, durch Vermischen der beiden gesättigten Chlormetalllösungen erhalten, krystallisirt in hellbraunen Säulen und wird ungemein leicht durch Weingeist zersetzt.

Osmiumsesquichlorür, $Os_2\,Cl_3$, ist nur in Verbindung mit Salmiak als Osmiumsesquichlorür-Chlorammonium bekannt, das durch Lösen des Sesquioxydul-Ammoniaks in Salzsäure und Verdunsten als eine braunschwarze, nicht krystallinische, luftbeständige Masse erhalten wird, beim Erhitzen sich aufbläht und zuletzt Osmium hinterläßt, und in Wasser und Weingeist mit braunschwarzer Farbe löslich ist; aus der wässerigen Lösung scheidet Zink selbst beim Erwärmen mit überschüssiger Säure nur einen geringen Theil des Osmiums und Eisen gar nichts ab.

Osmiumchlorid, chlorwasserstoffsaures Osmiumoxyd.

58,44	—	99,722	Osmium
41,56	—	70,926	Chlor
100,00	—	170,648	Osmiumchlorid.

Symb. und Aequiv. $Os\,Cl_2 = 170{,}648$. Atom. $Os\,\text{Ꞓl}_2$ ($Os\,Cl_4$).

§. 725. Das Osmiumchlorid bildet sich neben Chlorür beim Leiten von Chlorgas über erhitztes Osmium als ein rothes pulveriges Sublimat, welches durch Einwirkung von Feuchtigkeit erst in einen durchsichtigen, gelben Ueberzug und dann in eine dunkelzinnoberrothe krystallinische Masse verwandelt wird, löst sich in wenig Wasser mit gelber Farbe und zerfällt durch mehr Wasser wie das Chlorür.

Osmiumchlorid-Chlorkalium bildet sich beim Leiten von Chlorgas über ein beinahe glühendes Gemenge von Osmium und Chlorkalium, krystallisirt in dunkelbraunen, glänzenden, regelmäßigen Oktaëdern, giebt beim Zerreiben ein zinnoberrothes Pulver, entwickelt erst beim Weichwerden des Glases Chlor, giebt bei der Destillation mit Salpetersäure Osmiumsäure und löst sich mit citronengelber Farbe in Wasser, nicht in Weingeist; mit der wässerigen Lösung befeuchtetes Papier wird am Sonnenlicht intensiv blau gefärbt.

Osmiumsesquichlorid, $Os\,Cl_3$, ist nur in Verbindung mit Salmiak als Osmiumsesquichlorid-Chlorammonium bekannt, welches sich bildet, wenn die mit Ammoniak gesättigte wässerige Osmiumsäure nach einigen Tagen mit Salzsäure übersättigt und mit Quecksilber in Berührung gesetzt wird, bis der Geruch nach Osmiumsäure verschwunden ist; die bräunlich-purpurrothe Flüssigkeit giebt beim Verdunsten und Wiederlösen in Weingeist eine prächtig rothgefärbte Lösung, welche beim freiwilligen Verdunsten die Verbindung als eine braune, verworren krystallinische Masse hinterläßt, die bei der Erhitzung Salmiak und Osmium giebt und sich in wenig Wasser mit tief dunkelrother, in mehr mit purpur- oder rosenrother Farbe löst.

Bromosmium und Jodosmium sind unbekannt.

Osmium und Kieszeuger.

Schwefelosmium.

§. 726. Das Osmium verbindet sich beim Erhitzen mit Schwefel unter

Feuerentwicklung zu Schwefelosmium, welches nur schwierig beim Erhitzen mit Wasserstoffgas den Schwefel abgiebt. Das Osmium scheint sich überhaupt mit dem Schwefel in ebenso vielen Verhältnissen zu verbinden, als mit Sauerstoff, da sämmtliche Chlorverbindungen durch Schwefelwasserstoff zersetzt werden und Schwefelmetalle geben, die unter einander sehr ähnlich sind; sie haben eine dunkel gelblich-braune Farbe, lösen sich etwas in Wasser und färben dieses dunkelgelb, und werden von Salpetersäure zu schwefelsaurem Oxydul- oder Oxydsalz gelöst. $Os S_4$ bildet sich bei der Zersetzung der Osmiumsäure mit Schwefelwasserstoff als ein braunschwarzer Niederschlag, der beim Trocknen schwarz wird, ist in reinen, kohlensauren und geschwefelten Alkalien unlöslich und giebt beim Glühen im luftleeren Raume Schwefel und hinterläßt unter Feuererscheinung ($Os_2 S_5$ oder $Os S_2$, $Os S_3$) als eine graue und metallglänzende Masse.

Selenosmium und Tellurosmium sind unbekannt.

Osmium und Erzzeuger.

Phosphorosmium.

§. 727. Osmium verbindet sich beim Glühen mit dampfförmigem Phosphor unter Feuerentwicklung zu einer schwarzen, auf dem Strich metallglänzenden, nach starkem Glühen weißen und metallglänzenden Masse, die sich zuweilen an der Luft von selbst entzündet und ohne Flamme und Geruch zu phosphorsaurem Osmiumoxydul verbrennt.

Arsenosmium und Antimonosmium sind, wie Verbindungen des Osmium mit Bor und Kiesel, unbekannt.

Osmium und Metalle.

§. 728. Von den Legirungen des Osmiums kennt man nur sehr wenige; Osmiumkupfer ist dehnbar und in Königswasser löslich. Osmiumamalgam bildet sich bei der Zersetzung der wässerigen Osmiumsäure mit Quecksilber, wird durch Auspressen fester und hinterläßt beim Erhitzen Osmium als Pulver. Osmiumiridium findet sich natürlich als $Os Ir$, $Os_3 Ir$ und $Os_4 Ir$ in platinfarbenen, lebhaft glänzenden, äußerst harten und spröden (krystallinischen) Körnern von 16,4 bis 21,1 spec. Gewicht.

37. Vom Gold.

Symb. und Aequiv. Au = 196,665. Atomengew. (H = 1,0) 393,33 oder (O = 100,0) 2458,33. Spec. Gewicht = 19,4 — 19,6. Spec. Wärme = 0,03244.

(Vergl. Bd. 3, S. 81–84.)

Gold und Sauerstoff.

§. 729. Das Gold hat eine höchst geringe Affinität zum Sauerstoff und bleibt bei jeder Temperatur an der Luft und in Sauerstoffgas unverändert (durch den Funken einer starken elektrischen Batterie verbrennt es als Golddraht mit grünem Licht zu einem Dampf, der sich als purpurfarbener Staub niederschlägt, so wie die Beimengung anderer Körper, namentlich leichtoxydirbarer Metalle, die theilweise Oxydation des Goldes beim Erhitzen desselben an der Luft bedingt). Wasser und die meisten Säuren sind ebenfalls bei jeder Temperatur ohne Wirkung auf Gold und nur rauchende Salpetersäure oder ein Gemische von Salpetersäure mit Salzsäure oder von Chromsäure mit Salzsäure, so wie wässeriges Chlor wirken auf das Gold lösend und glühender Salpeter schwach oxydirend. Mittelbar verbindet sich das Gold in zwei Verhältnissen mit Sauerstoff zu Goldoxydul, $Au O$, und Goldoxyd, $Au O_3$.

Goldsuboxyd, AuO_2; als solches wird von einigen Chemikern der purpurfarbene Staub betrachtet, der sich beim Verbrennen eines Golddrahtes durch den elektrischen Funken bildet; es bildet mit Zinnoxyd und Glasflüssen purpurfarbene Verbindungen; soll nach anderen Chemikern nur fein zertheiltes Gold sein.

Goldoxydul.

95,6	—	196,665	Gold
4,4	—	8,000	Sauerstoff
100,0	—	204,665	Goldoxydul.

Symb. und Aequiv. $AuO = 204,665$.

§. 730. Das Goldoxydul bildet sich bei der Zersetzung des Chlorürs durch Kali oder bei der Fällung des Chlorides mit salpetersaurem Quecksilberoxydul, auch beim Kochen des Chlorides oder Oxydes mit Kalilauge, oder des Chlorides mit kohlensaurem Alkali, oder des Oxydes mit Essigsäure, auch beim Kochen des mit Kali übersättigten Chlorides mit weinsteinsaurem, citronensaurem oder essigsaurem Kali und mit anderen vegetabilischen und thierischen Stoffen, ist dunkelgrün oder blau violett, in der Hitze leicht zersetzbar und wird durch Salzsäure in Chlorid und Gold zerlegt. Es verbindet sich nicht mit Säuren, löst sich aber etwas in Kalilauge, zerfällt aber in dieser Lösung bald in Gold und Goldoxydkali.

Man erhält das Goldoxydul durch Zersetzung des Chlorürs mit kalter verdünnter Kalilauge oder durch Fällung des in Wasser gelösten Chlorides mit salpetersaurem Quecksilberoxydul.

Goldoxyd, Goldsäure (vergl. Bd. 3, S. 231 und 232).

89,13	—	196,665	Gold
10,87	—	24,000	Sauerstoff
100,00	—	220,665	Goldoxyd.

Symb. und Aequiv. $AuO_3 = 220,665$.

§. 731. Das Goldoxyd stellt ein braunschwarzes Pulver oder eine braune Masse von muscheligem Bruch dar, wird durch Licht und bei anfangender Glühhitze in Gold und Sauerstoff zerlegt und tritt an Pflanzensäuren und viele andere Stoffe den Sauerstoff ab; sein Hydrat (vergl. a. a. O.) ist kastanienbraun, verliert bei 100° oder durch Behandlung mit wässerigem Kali sein Wasser und wird bei der Digestion mit weingeistiger Kalilösung zu sehr zarten, glänzenden Goldschuppen reducirt.

Man kann das Goldoxyd durch Zersetzung des neutralen Goldchlorides mit einem starken Ueberschuß von Kali in der Wärme oder durch Neutralisation der Chloridlösung mit kohlensaurem Natron und Kochen der Flüssigkeit, so lange ein Niederschlag entsteht, oder durch Zersetzung mit Barytwasser in der Siedhitze erhalten.

§. 732. Das Goldoxyd hat eine geringe Affinität zu den Säuren und bildet nur mit einigen derselben die Goldoxydsalze, Sales aurici, welche eine gelbliche, ins Röthliche ziehende Farbe haben, herb und ätzend schmecken, giftig wirken, in der Hitze Metall hinterlassen, durch die meisten Metalle, Eisenvitriol u. s. w. metallisch gefällt werden und sich überhaupt gegen Reagentien wie das Goldchlorid verhalten.

Man erhält die wenigen Goldsalze durch Lösen des Oxydes in der Säure, iodsaures Goldoxyd durch doppelte Affinität aus Chlorgold und iodsaurem Kali als einen gelben, in vielem Wasser löslichen Niederschlag.

§. 733. Das Goldoxyd verbindet sich auch mit den Alkalien und einigen Erden zu sog. goldsauren Salzen, Aurates, von denen die alkalischen

Verbindungen in Wasser löslich, die übrigen und die Ammoniakverbindung unlöslich sind.

Goldoxyd-Ammoniak (vergl. Bd. 3, S. 280 und 281).

Eine wirkliche Goldsäure, AuO_5, soll sich beim längeren Kochen des Goldoxydes mit wässerigem Kali unter Abscheidung von Goldoxydul bilden; die Goldoxydkali-haltige Lösung läßt durch Salpetersäure oder Schwefelsäure das Goldoxyd fallen und das lebhaft gelbe Filtrat, welches goldsaures Kali enthält, zersetzt sich schon in einigen Augenblicken bei 60 bis 65°, indem es sich grün färbt und dann unter Trübung und Gasentwicklung Gold absetzt.

Stickstoffgold bildet sich wie das Stickstoffzink (vergl. S. 270) als ein schwarzer Körper von 10,3 spec. Gewicht, welcher beim Erhitzen Stickstoffgas entwickelt.

Gold und Salzzeuger.

Goldchlorür, chlorwasserstoffsaures Goldoxydul.

84,72	—	196,665	Gold
15,28	—	35,463	Chlor
100,00	—	132,128	Goldchlorür.

Symb. und Aequiv. $AuCl = 232{,}218$. Atom. Au Ɛl ($AuCl_2$).

§. 734. Das Goldchlorür bildet sich aus dem Chlorid bei der Erhitzung desselben bis zum Schmelzpunkt des Zinns, ist gelbweiß, wird bei höherer Temperatur in Chlor und Gold zersetzt, bildet mit Wasser in der Siedhitze und im Lichte rasch Gold und Goldchloridlösung, und wird durch wässeriges Kali in Goldoxydul verwandelt.

Goldchlorür-Chlorkalium (KCl, AuCl) bildet sich beim Schmelzen der Chloridverbindung, ist schwarzbraun, nach dem Erkalten gelb, wird in verschlossenen Gefäßen bei anhaltendem Rothglühen nicht zersetzt und zerfällt durch Wasser in Gold, Chlorkalium und Goldchlorid-Chlorkalium.

Goldchlorid, chlorwasserstoffsaures Goldoxyd (vergl. Bd. 3, S. 349—352).

64,9	—	196,665	Gold
35,1	—	106,389	Chlor
100,0	—	303,054	Goldchlorid.

Symb. und Aequiv. $AuCl_3 = 303{,}054$. Atom. Au $Ɛl_3$ ($AuCl_6$).

§. 735. Das Goldchlorid (über dessen Bildung, Eigenschaften u. m. A. a. a. O. zu vergleichen ist), wird in der neutralen (1) und sauren (2) Lösung (1) nach jahrelangem Aufbewahren, nicht (2), zum Theil reducirt, (1) durch hindurch geleitetes Wasserstoffgas roth gefärbt und (1) durch Stickstoffgas etwas, (1 und 2) durch Stickstoffoxydgas und Untersalpetersäure, auch (2) durch salpetrigsaures Kali rasch, durch Schwefel und Selen in der Siedhitze unvollständig, durch schwefelige Säure und schwefeligsaure Alkalien rasch und vollständig, (1 und 2) durch Phosphor in kurzer Zeit, (1 und 2) durch unterphosphorige Säure und phosphorige Säure rasch, durch Phosphorwasserstoff langsam, durch Arsen rasch, durch Antimon langsam, durch arsenige Säure nur in der Wärme schnell, durch Arsenwasserstoff und Antimonwasserstoff, durch Antimonchlorür vollständig, und durch die meisten unedlen Metalle, so wie auch durch Quecksilber, Silber, Platin (nur aus 1) und Palladium vollständig, ferner (1 und 2) durch Eisenoxydulsalze, salzsaures Kupferchlorür, bromwasserstoffsaures Kupferbromür und Zinnchlorür, durch salpetersaures Quecksilberoxydul und (zum Theil auch als

rothes Oxyd) durch viele organische Substanzen metallisch gefällt; Schwefelwasserstoff fällt (aus 1 und 2) Goldsulphid in dunkelbraunen Flocken, desgleichen unterschwefeligsaures Natron, Jodkalium rasch und Jodwasserstoff langsam gelbes Goldiodür, concentrirte Schwefelsäure aus concentrirter (1) Lösung Goldchlorid, beim Erhitzen bis 150° unter Freiwerden von Chlor Goldchlorür und Metall, salpetersaures und schwefelsaures Silberoxyd (aus 1) ein bräunlich-gelbes Gemenge von Goldoxyd und Chlorsilber, Ammoniak fast vollständig als Knallgold, feuerbeständiges Alkali und Magnesia bei nicht zureichender Menge nach einiger Zeit rothgelbes Oxydhydrat und überschüssiges Alkali wasserfreies, aber alkalihaltiges Oxyd. Das Goldchlorid verbindet sich mit vielen basischen Chlormetallen zu Chlorsalzen.

Goldchlorid-Chlorkalium (KCl, $AuCl_3$, 5 Aq.) krystallisirt in pomeranzengelben, rhombischen Säulen, oder in Nadeln, oder in großen sechsseitigen Tafeln, die an der Luft zu einem gelben Pulver verwittern und in der Wärme das Wasser verlieren; bei höherer Temperatur geht es in die Chlorürverbindung über und bei Gegenwart von Wasserstoffgas wird alles Gold reducirt; es löst sich leicht in Wasser und Weingeist. Ueber Goldchlorid-Chlornatrium ($NaCl$, $AuCl_3$, 4 Aq.) vergl. Bd. 3, S. 351. Goldchlorid-Chlorammonium krystallisirt in goldgelben, durchsichtigen Nadeln oder geraden rectangulären Säulen, oder in großen, rhombischen Tafeln, verwittert sehr rasch, verliert bei 100° alles Wasser und hinterläßt beim stärkeren vorsichtigen Erhitzen das Gold in der Gestalt der Krystalle; aus der Lösung in Königswasser oder aus einem Gemische von salzsaurer Goldchloridlösung und Salmiak scheiden sich rothgelbe Krystalle ab.

Goldbromid, bromwasserstoffsaures Goldoxyd.

45,04	— 196,665	Gold
54,96	— 240,000	Brom
100,00	— 436,665	Goldbromid.

Symb. und Aequiv. $AuBr_3 = 436,665$. Atom. $Au\,Br_3$ ($AuBr_6$).

§. 736. Das Gold löst sich in wässerigem Brom zu Goldbromid, welches sich auch beim Erhitzen des Goldchlorides mit Bromwasserstoff bildet; es ist grauschwarz, in Wasser, Weingeist und Aether löslich, zerfällt bei der Glühhitze und bildet mit basischen Brommetallen dunkelrothe Bromsalze; aus der wässerigen Lösung schießt das Goldbromid in scharlachrothen Krystallen an.

Goldbromid-Bromkalium (KBr, $AuBr_3$, 5 Aq.) krystallisirt in geraden rhombischen (aus der weingeistigen Lösung wasserfreien), halbmetallglänzenden Säulen, verwittert an der Luft und löst sich leichter in Weingeist als in Wasser. Goldbromid-Bromnatrium verwittert nicht so leicht als die Kaliumverbindung.

Goldbromür, $AuBr$, ist unbekannt.

Goldiodür, iodwasserstoffsaures Goldoxydul.

60,76	— 196,665	Gold
39,24	— 126,845	Jod
100,00	— 323,510	Goldiodür.

Symb. und Aequiv. $AuI = 323,51$. Atom. $Au\,I$ (AuI_2).

§. 737. Das Goldiodür bildet sich beim Lösen des Goldoxydes in Jodwasserstoffsäure unter Freiwerden von Jod; es stellt ein citronengelbes, grüngelbes oder blaßgrünes, zum Theil krystallinisches Pulver oder goldgelbe, glänzende Schuppen dar, entwickelt erst später Geschmack, zersetzt sich beim

Tellurgold schlägt sich beim Vermischen der Goldchloridlösung mit Tellurwasserstoff oder Tellurkalium nieder und wird durch Erhitzen des Schwefeltellur-Goldsulphides (AuS_3, TeS_2) als eine graue, spröde, leicht schmelzbare Masse erhalten; es findet sich mit Schwefelblei und Antimonblei als Blättertellur oder Blättererz ($9\,PbS$, SbS_3 + PbS, $AuTe_6$) in weichen und milden, sehr glänzenden, dunkel bleigrauen, blättrigen Massen von 6,84 bis 7,22 spec. Gewicht und mit Tellursilber als güldisches Tellursilber ($AuTe$, $5\,AgTe$) in silberglänzenden und röthlichen Krystallen von 8,72 bis 8,83 spec. Gewicht, als Schrifttellur oder Schrifterz ($AuTe_3$, $AgTe_4$?) in hell stahlgrauen, weichen und milden, rhomboëdrischen Krystallen von 8,28 spec. Gewicht und als Weißtellurerz ($AuTe_3$, $AgTe_3$) in silberweißen, etwas gelblichen, weichen, spröden Nadeln von 7,99 bis 8,33 spec. Gewicht.

Gold und Kieszeuger.

Phosphorgold.

§. 740. Bildet sich beim Erhitzen des fein zertheilten Goldes mit Phosphor in einer luftleeren Röhre als AuP, welches eine graue, metallglänzende Masse darstellt und beim Erhitzen an der Luft den Phosphor verliert. Ein Ueberschuß von Phosphorwasserstoffgas verursacht in Goldchloridlösung einen schwarzen, phosphorhaltigen Niederschlag, der mit Königswasser Goldchlorid und Phosphorsäure giebt und beim Erhitzen an der Luft den Phosphor entläßt.

Arsengold bildet sich beim Glühen des Goldes in Arsendämpfen und stellt eine graue, spröde, grobkörnige, leicht schmelzbare Masse dar, welche selbst beim längeren Schmelzen an der Luft das Arsen nicht vollständig entläßt.

Antimongold bildet sich leicht durch Zusammenschmelzen und ist bei $^9/_{10}$ Gold weiß, sehr spröde und von porcellanähnlichem Bruch.

Verbindungen des Goldes mit Bor und Kiesel sind unbekannt.

Gold und Metalle.

§. 741. Das Gold läßt sich ziemlich leicht mit anderen Metallen zusammenschmelzen. Goldkalium bildet sich unter ziemlicher Reaction und hinterläßt bei der Behandlung mit Wasser reines Gold. Goldmangan bildet sich beim Glühen des Goldes mit Mangansuperoxyd im Kohlentiegel, enthält $^1/_9$ bis $^1/_8$ Mangan, ist blaß gelbgrau, strengflüssiger als Gold und etwas hämmerbar; das Mangan oxydirt sich erst beim Glühen an der Luft. Goldeisen ist bei $^1/_{12}$ Eisen gelblich-grau, sehr dehnbar und hart, bei gleichen Theilen grau und bei $^4/_5$ Eisen silberweiß. Goldnickel ist gelbweiß, hart, sehr dehnbar, politurfähig und so magnetisch wie reines Nickel. Goldkobalt ist bei $^1/_{19}$ Kobalt dunkelgelb, sehr spröde und von erdigem hellgelbem Bruch, bei $^1/_{65}$ noch sehr spröde und bei $^1/_{110}$ Kobalt dehnbar. Goldkupfer ist röther, härter und leichter schmelzbar als Gold und kann durch Erhitzen an der Luft und Cupellation mit Blei nicht vollständig vom Kupfer befreit werden (ist die sog. rothe Karatirung der Goldgeräthschaften, Münzen u. s. w.). Goldzink ist bei $^1/_{60}$ Zink spröde, bei $^1/_{12}$ Zink blaßgrüngelb und spröde, bei gleichen Theilen sehr weiß, hart, politurfähig und luftbeständig, bei $^1/_3$ Gold weißer als Zink, spröde und feinkörnig und bei $^1/_8$ Gold in starker Hitze vollständig (?) flüchtig. Goldkupferzink ist grobkörnig und spröde. Goldblei ist bei $^1/_{12}$ Blei blaßgelb, spröde wie Glas und von feinkörnigem Bruch; beim Erhitzen an der Luft oxydirt sich das Blei. Goldwismuth ist bei $^1/_2$ Wismuth grün-

lich-gelb, sehr spröde und von feinkörnigem Bruche, und bei $^1/_{920}$ Wismuth noch spröde. **Goldamalgam** bildet sich schon in der Kälte, noch schneller beim Einwerfen glühender Goldbleche in erwärmtes Quecksilber und krystallisirt bei $^1/_7$ Gold ($AuHg_{12}$) in gelblich-weißen, vierseitigen, in der Wärme schmelzbaren Säulen und hinterläßt beim vorsichtigen Erhitzen das Gold dendritisch. **Goldsilber** ist härter, klingender und schmelzbarer als Gold, blaß-grüngelb bis weiß, findet sich natürlich mit Kupfer und Eisen mit einem Gehalt von 98,96 bis 28,0 % Gold und von 0,16 bis 72,0 % Silber (ist die sog. **weiße Karatirung** der Goldgeräthschaften und mit Kupfer die **gemischte Karatirung**). **Goldpalladium** ist bei gleichen Theilen grau, so hart wie Stabeisen und weniger ductil als die Metalle für sich, bei $^1/_5$ Palladium weiß, hart und ductil. **Goldsilberpalladium** findet sich natürlich als Oro pudre (oder **faules Gold**) in vielkantigen Körnern von unreiner Goldfarbe. **Goldplatin** ist bei $^7/_{10}$ Platin unschmelzbar, bei $^2/_3$ spröde, bei gleichen Theilen sehr dehnbar und fast von der Farbe des Goldes, bei $^1/_{10}$ Platin goldfarbig und bei $^1/_{12}$ grauweiß. **Goldiridium** ist dehnbar, von Goldfarbe, und hinterläßt beim Lösen in Königswasser das Iridium als ein schwarzes Pulver. **Goldrhodium** ist bei $^1/_5$ oder $^1/_4$ Rhodium von Goldfarbe, sehr dehnbar und schwierig, bei $^1/_6$ leichter schmelzbar und bedeckt sich beim langsamen Erkalten mit einem schwarzen Pulver. **Goldosmium** ist sehr dehnbar.

c. Elektronegative Metalle.

38. Vom Zinn.

Symb. und Aequiv. Sn = 58,92. Atomengew. (H = 1,0) 117,84 oder (O = 100,0) 735,296. Spec. Gewicht = 7,285—7,299. Spec. Wärme = 0,05623.

(Vergl. Bd. 3, S. 59—61.)

Zinn und Sauerstoff.

§. 742. Das Zinn verändert sich bei gewöhnlicher Temperatur nur wenig an der Luft, indem es sich nur bei Gegenwart von Wasser mit einem grauen Häutchen überzieht; beim Erhitzen bis zum Schmelzen verwandelt es sich nach und nach in ein graues Pulver (**Zinnasche**), welches ein Gemenge von metallischem Zinn und **Zinnoxyd**, SnO_2, ist; dieses bildet sich auch beim Leiten des Wasserdampfes über glühendes Zinn, bei der Einwirkung von Salpetersäure oder erhitzter Schwefelsäure auf Zinn, beim Verpuffen oder Erhitzen desselben mit salpetersaurem Kali oder mit Quecksilberoxyd. Eine niedrigere Oxydationsstufe des Zinns, das **Zinnoxydul**, SnO, bildet sich bei der Einwirkung von wässeriger Schwefelsäure oder Kalilauge auf metallisches Zinn.

Zinnsesquioxydul, Sn_2O_3, wird durch Digestion des Zinnchlorürs mit Eisenoxydhydrat als ein weißes, schleimiges Hydrat erhalten, welches beim Trocknen in sauerstofffreiem Raum schwarzbraun wird und sowohl in Aetzammoniak, als auch in Salzsäure löslich ist; die salzsaure Lösung giebt mit Goldlösung einen purpurfarbenen Niederschlag.

Zinnoxydul.

88,04	58,92	Zinn
11,96	8,00	Sauerstoff
100,00	66,92	Zinnoxydul.

Symb. und Aequiv. SnO = 66,92.

§. 743. Das Zinnoxydul ist schwarzgrau oder olivenfarbig, verglimmt beim Erhitzen wie Feuerschwamm zu Oxyd, wird durch Kohle bei stärkerer,

durch Kalium bei geringerer Hitze reducirt, giebt beim Erhitzen mit Schwefel schwefelige Säure und Schwefelzinn und wird durch kochende Kalilauge in sich lösendes Zinnoxyd und metallisches Zinn zerlegt; es bildet mit Wasser ein blendend weißes Hydrat, das beim Kochen mit Wasser oder beim gelinden Erhitzen für sich das Hydratwasser verliert und beim Kochen mit der zur Lösung unzureichenden Menge Kalilauge eine Flüssigkeit giebt, die beim Erkalten kleine, harte, schwarze und glänzende Krystalle von wasserfreiem Oxydul abscheidet, das bei 200° verknistert und in das gewöhnliche olivenfarbene Oxydul übergeht.

Man erhält das Zinnoxydul durch Erhitzen eines Gemenges von krystallisirtem Zinnchlorür und kohlensaurem Natron (welches sich von selbst bis zum Schmelzen erwärmt) bis zur schwarzblauen Färbung der Masse und Auslaugen, oder durch Erhitzen des Hydrats in einem mit Kohlensäure oder Wasserstoffgas angefüllten Raum, das Hydrat durch Fällung der Zinnchlorürlösung mit überschüssigem kohlensaurem Alkali und Auswaschen des Niederschlags mit ausgekochtem Wasser bei abgehaltener Luft.

§. 744. Das Zinnoxydul bildet mit den Säuren die Zinnoxydulsalze, Sales stannosi; diese sind meist ungefärbt oder gelblich, röthen Lakmus, schmecken sehr unangenehm metallisch und werden in der Hitze bei flüchtiger oder zersetzbarer Säure zersetzt. Die Lösungen ziehen aus der Luft und vielen oxydirten Körpern Sauerstoff an und verwandeln sich in Zinnoxydsalze, werden durch Zinn und Kadmium metallisch gefällt und geben mit Ammoniak und kohlensauren Alkalien einen weißen, aus Oxydulhydrat bestehenden, nicht in dem Fällungsmittel, aber in Aetzkali löslichen und in dieser Lösung beim Erhitzen rasch in Zinn und Zinnoxyd-Kali zerfallenden, mit phosphorsaurem Natron einen weißen, aus phosphorsaurem Zinnoxydul bestehenden, mit Schwefelwasserstoff und Schwefelalkalimetallen einen dunkelbraunen, aus Zinnsulphürhydrat bestehenden und mit Jodkalium einen gelbweißen, käsigen, bald in rothes Zinniodür übergehenden Niederschlag; sie werden ferner gefällt durch Oxalsäure weiß, durch krokonsaures Kali pomeranzengelb, durch bernsteinsaure und benzoësaure Alkalien weiß, durch Galläpfeltinktur reichlich hellgelb und durch Kaliumeisen-Cyanür und Cyanid weiß, und verhalten sich überhaupt gegen andere Reagentien wie die Zinnchlorürlösung. Die Zinnoxydulsalze geben beim Erhitzen mit Soda vor dem Löthrohr ein weißes, geschmeidiges Metallkorn.

Man erhält die Zinnoxydulsalze durch Lösen des Metalles, des Oxyduls oder seines Hydrates in Säuren, andere durch doppelte Affinität.

Zinnoxyd, Zinnsäure.

78,64	— 58,92	Zinn
21,36	— 16,00	Sauerstoff
100,00	— 74,92	Zinnoxyd.

Symb. und Aequiv. $SnO_2 = 74,92$.

§. 745. Das Zinnoxyd findet sich natürlich als Zinnstein und Holzzinn in durchsichtigen oder durchscheinenden, braungelben bis braunschwarzen Oktaëdern von 6,96 spec. Gewicht und wird künstlich in zwei Modifikationen erhalten: α Zinnoxyd wird als Hydrat (αSnO_2, Aq.) durch vollständige Oxydation des Zinns mit Salpetersäure als ein weißes Pulver von 4,933 spec. Gewicht erhalten, röthet Lakmus, trocknet bei 55° zu farblosen, durchscheinenden Stücken ein, verliert beim Glühen das Wasser und löst sich nicht in Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure, nimmt aber von beiden letzteren Säuren etwas auf; β Zinnoxyd wird als Hydrat (βSnO_2,

2 Aq.) durch Zersetzung des Zinnchlorides mit kohlensaurem Kali erhalten, ist weiß und gallertartig, trocknet zu glasähnlichen Stücken ein, röthet feuchtes Lakmuspapier und löst sich etwas in Wasser, in verdünnter Schwefelsäure und Salzsäure und kalter Salpetersäure, fällt aber aus letzterer beim Erhitzen in gallertartiger Form wieder nieder; beim Kochen unter Wasser oder längerem Trocknen geht es in α Zinnoxydhydrat über. Das wasserfreie Zinnoxyd ist strohgelb (das aus Zinn und Quecksilberoxyd erhaltene weiß), wird beim Erhitzen vorübergehend pomeranzengelb, auch braun, röthet nicht Lakmus, ist äußerst strengflüssig und läßt sich nicht verflüchtigen.

Man erhält die Zinnoxydhydrate auf die angeführte Weise, das wasserfreie Oxyd durch Glühen der Hydrate oder durch Erhitzen des Zinns mit Quecksilberoxyd.

§. 746. Das Zinnoxyd bildet mit den Säuren die Zinnoxydsalze, Sales stannici (die β Zinnoxydsalze sind im Allgemeinen löslicher, als die α Zinnoxydsalze, welche durch Wasser in freie Säure und basische Salze zerlegt werden); diese sind farblos oder gelblich, reagiren im löslichen Zustand stark sauer und schmecken dann sauer, metallisch und styptisch; in der Hitze werden sie meist zersetzt. Die Lösungen werden durch Zink und Cadmium metallisch gefällt und geben mit reinen und kohlensauren Alkalien einen weißen, aus Oxydhydrat bestehenden und im Ueberschuß des Fällungsmittels etwas löslichen, mit phosphorsaurem Natron einen weißen, aus phosphorsaurem Zinnoxyd bestehenden und mit Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium einen gelben, aus Zinnsulphidhydrat bestehenden, in Schwefelammonium, Ammoniak, reinem und kohlensaurem Kali löslichen Niederschlag; sie werden ferner gefällt durch kohlensaure erdige Alkalien und Magnesia weiß, und geben mit Galläpfeltinktur oder Kaliumeisencyanür nach einiger Zeit ein gallertartiges Gemische.

Man erhält die Zinnoxydsalze durch Aussetzen der entsprechenden, mit Säure vermischten Oxydulsalze an die Luft, oder durch Behandlung derselben mit Chlor oder Salpetersäure, und durch Lösen des β Zinnoxydhydrats oder eines künstlichen oder natürlichen, mit Kali geglühten und dadurch löslich gemachten Zinnoxydes in Säuren.

§. 747. Das Zinnoxyd verbindet sich auch mit basischen Oxyden zu zinnsauren Salzen, Stannates; die Salze der α Zinnsäure enthalten auf 3 Aequiv. Säure 1 Aequiv. Basis und wesentliches Wasser, welches beim Erhitzen abgeschieden und dadurch indifferentes Zinnoxyd und Basis frei wird; sie werden beim Glühen mit Alkali in β zinnsaure Salze verwandelt; durch Säuren wird α Zinnsäurehydrat niedergeschlagen, welches in einem Ueberschuß der Säure unlöslich ist. Die β zinnsauren Salze enthalten auf 1 Aequiv. Säure gewöhnlich 1 Aequiv. Basis, lassen durch Säuren und selbst durch Kohlensäure β Zinnsäurehydrat fallen und geben, wenn sie keinen Ueberschuß von Alkali haben, beim Glühen wasserfreie Zinnsäure und eine sehr basische Verbindung.

Man erhält die zinnsauren Salze durch Lösen der Zinnoxydhydrate in Alkalien, die β zinnsauren Salze auch durch Zusammenschmelzen, die übrigen durch doppelte Affinität. α Zinnsaures Kali bildet eine bei auffallendem Licht bläulich-weiße opalisirende, bei durchfallendem Licht dunkelgelbe Flüssigkeit, die beim Verdunsten gallertartig wird und zu einer dunkelgelben, in Wasser löslichen Materie eintrocknet. β Zinnsaures Kali ($KO, SnO_2, 3$ Aq.) krystallisirt in farblosen, glänzenden, schiefen rhombischen Säulen, schmeckt ätzend alkalisch, röthet sich beim Erhitzen, ohne zu schmelzen, zieht an der Luft Kohlensäure an, ohne

zu zerfließen, und löst sich leicht in kaltem und heißem Wasser; die Lösung läßt durch Blei alles Zinn fallen, verzinnt sehr schön Kupfer und läßt auf Zusatz von Weingeist ein saures Salz fallen.

Zinn und Salzsäure.

Zinnchlorür, chlorwasserstoffsaures Zinnoxydul.

62,21	— 58,920	Zinn
37,79	— 35,463	Chlor
100,00	— 94,383	Zinnchlorür.

Symb. und Aequiv. $SnCl = 94{,}383$. Atom $Sn\mathbf{Cl}$ ($SnCl_2$).

§. 748. Das Zinnchlorür bildet sich beim Erhitzen des Zinns in salzsaurem Gas oder bei der Destillation mit Chlorquecksilber; es ist durchscheinend, fast rein weiß, fettglänzend und von muscheligem Bruch, schmilzt bei 250°, kocht nahe bei dem Glühpunkt unter einiger Zersetzung, wird bei höherer Temperatur in Zinnchlorid und in Oxychlorür verwandelt, giebt beim Erhitzen mit Schwefel Zinnchlorid und Zinnsulphid, entwickelt beim Erhitzen an der Luft, mit Quecksilberoxyd, chlorsaurem oder salpetersaurem Kali Zinnchlorid und hinterläßt Zinnoxyd, ist bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich luftbeständig, zersetzt sich aber nach längerem Aufbewahren etwas, und ist in Wasser und Weingeist löslich. Die wässerige Lösung (welche auch durch Lösen des Zinns in Salzsäure erhalten wird) giebt beim Verdunsten und Abkühlen große wasserhelle Säulen ($SnCl, Aq.$), die widrig metallisch schmecken, beim Erhitzen Wasser und Salzsäure entwickeln und ein Oxychlorür hinterlassen, durch erhitzte Schwefelsäure unter Entwicklung von Salzsäure, etwas Chlorzinn, Schwefelwasserstoff und schwefelige Säure zersetzt werden und mit Wasser eine gewöhnlich etwas trübe Lösung geben. Diese Lösung absorbirt an der Luft Sauerstoff und trübt sich unter Bildung von Zinnchlorid und Abscheidung eines Oxychlorürs, klärt sich aber nach längerer Zeit wieder und wird gelb; sie reducirt Salpetersäure zu Stickstoffoxyd, später zu Stickstoffoxydul, unterchlorige Säure zu Chlor, giebt mit schwefeliger Säure Zinnsulphidhydrat und Zinnchlorid und verwandelt (unter Bildung von Zinnchlorid) Arsensäure erst in arsenige Säure und dann in Arsen, antimonige Säure zu Antimon, Mangansäure zu Manganoxydul, Eisenoxydsalze und Eisenoxydhydrat (unter Bildung von Sesquichlorür) in Eisenoxydulsalze oder Eisenchlorür, Kupferoxyd und dessen Salze in Kupferchlorür, rothes und braunes Bleisuperoxyd in Chlorblei, salpetersaures Wismuthoxyd in schwarzes Suboxyd, Quecksilberoxyd, Quecksilberchlorür, Chlorid und Cyanid in Quecksilber, Silbersalze in Silber, Goldlösung in Goldpurpur, Wolframsäure in blaues Wolframoxyd, Molybdänsäure in blaues Oxyd und Chromsäure in Chromoxyd. Aus der Zinnchlorürlösung fällt Kupfer metallisches Zinn als ein grauschwarzes Pulver und Zinn selbst (wenn die Lösung mit einer Schicht Wasser bedeckt ist und das Zinn durch das Wasser in die Zinnlösung taucht) das Metall in schönen Metallvegetationen. — Das Zinnchlorür verbindet sich mit den höheren Oxydationsstufen des Stickstoffes, mit Ammoniak, mit mehreren Chlormetallen und mit Zinnoxyd.

Zinnchlorür-Chlorammonium ($H_4NCl, SnCl, Aq.$) entsteht unter Freiwerden von Wasserstoffgas und Bildung von Ammoniak beim Erhitzen der Zinnfeile mit Salmiak, stellt regelmäßige, luftbeständige Oktaëder dar, ist sublimirbar, röthet Lakmus und löst sich in Wasser; die Lösung wird beim Kochen getrübt.

Zinnoxychlorür ($SnCl, SnO, Aq.$) scheidet sich bei dem Vermischen der Zinnchlorürlösung mit Wasser oder als $SnCl, SnO, 3Aq.$ bei der Zersetzung derselben durch unzureichende Kalilauge als ein weißes Pulver ab, giebt

in der Hitze Wasser, Salzsäure und Zinnchlorür ab und hinterläßt Zinnoxydul, braust mit concentrirter Salpetersäure stark auf und löst sich in verdünnter Salpetersäure, Schwefelsäure und in Essigsäure.

Zinnsesquichlorür, Sn_2Cl_3, ist in der Lösung des Sesquioxyduls in Salzsäure enthalten, schmeckt rein zusammenziehend und giebt mit Schwefelwasserstoff einen hellbraunen Niederschlag und mit Goldlösung einen ausgezeichnet schönen Goldpurpur.

Zinnchlorid, chlorwasserstoffsaures Zinnoxyd.

45,37 —	58,920 Zinn	1 Vol. Zinndampf?
54,63 —	70,926 Chlor	2 Vol. Chlorgas
100,00 —	129,846 Zinnchlorid:	1 Vol. Zinnchloridgas.

Symb. und Aequiv. $SnCl_2$ = 129,846. Atom. Sn€l₂ ($SnCl_4$).

§. 749. Zinn und Zinnchlorür entzünden sich schon bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas und verbrennen unter rothem Funkensprühen zu Zinnchlorid; dieses bildet sich auch bei der Erhitzung des Zinns mit Quecksilberchlorid (auf 1 Zinn 5 Thle. Chlorid) oder bei der Behandlung des Zinns mit Königswasser, oder bei der Zersetzung des schwefelsauren Zinnoxydes mit Kochsalz in erhöhter Temperatur. Es stellt im wasserfreien Zustand eine farblose dünne Flüssigkeit dar, siedet bei 120⁰ (spec. Gewicht des Dampfes = 9,1997), raucht stark an der Luft (weßhalb es und nach dem Entdecker früher Spiritus fumans Libavii genannt wurde), zieht Feuchtigkeit an und bildet mit ⅓ Wasser ($SnCl_3$, 5 Aq.) eine farblose, in der Wärme schmelzende Krystallmasse; mit einer größern Menge Wasser giebt es eine farblose Lösung (die auch durch Sättigung der Zinnchlorürlösung mit Chlor oder Behandlung mit Königswasser oder durch Lösen des Zinns in Königswasser erhalten wird), welche beim Verdunsten Krystalle giebt. (Wird αZinnoxydhydrat mit Salzsäure übergossen, so löst es sich nicht, färbt sich aber durch Aufnahme von Salzsäure gelb und ist nach der Entfernung der überschüssigen Säure in Wasser löslich; die concentrirte Lösung gerinnt aber beim Erhitzen und giebt mit concentrirter Salzsäure einen Niederschlag, der nach der Entfernung der Säure wieder in Wasser löslich ist.) Das Zinnchlorid entwickelt beim Erhitzen mit Salpetersäure Chlor und Stickstoffoxydgas unter Fällung von Zinnoxyd, wird in der Wärme durch Schwefelwasserstoff in Zinnsulphid und Salzsäure zersetzt, tritt an Quecksilber die Hälfte Chlor ab, giebt mit Weingeist unter Aetherbildung Zinnoxychlorür, erhitzt sich (zuweilen unter Entflammung) mit Terpentinöl und verbindet sich mit Ammoniak, Schwefelsäure, Chlorschwefel, Phosphorwasserstoffgas und verschiedenen Chlormetallen.

Zinnchlorid-Ammoniak (H_3N, $SnCl_2$) bildet sich schon in gewöhnlicher Temperatur bei der Einwirkung des Ammoniakgases auf Zinnchlorid, ist fest, weiß, unzersetzt in Wasser löslich und in dieser Lösung von saurer Reaction.

Schwefelsaures Zinnchlorid bildet sich bei der Einwirkung der Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure auf Zinnchlorid als eine wasserhelle Masse, die sich in wenig Wasser vollständig, in mehr mit Trübung löst.

Zinnchlorid-Schwefelsuperchlorür ($SnCl_2$, $2SCl_2$) bildet sich bei der Einwirkung von Chlorgas auf Zinnsulphid in gewöhnlicher Temperatur und stellt gelbe, an der Luft stark rauchende, unzersetzt flüchtige Krystalle dar, welche mit Wasser eine milchige Lösung geben.

Zinnchlorid-Phosphorwasserstoff (PH_3, $3SnCl_2$) bildet sich bei der Einwirkung von Phosphorwasserstoffgas auf Zinnchlorid, ist gelb

und fest, raucht an der Luft, entwickelt mit Wasser schwerentzündliches Phosphorwasserstoffgas und giebt bei der Erhitzung Salzsäure, Phosphor und Zinnchlorür.

Zinnchlorid-Chlorkalium ($KCl, SnCl_2$) krystallisirt in luftbeständigen, regelmäßigen Oktaëdern, Zinnchlorid-Chlornatrium in wasserfreien, zerfließlichen Würfeln, Zinnchlorid-Chlorammonium ($H_4NCl, SnCl_2$) in kleinen, regelmäßigen Oktaëdern und Cubooktaëdern.

Zinnbromür, bromwasserstoffsaures Zinnoxydul.

42,41	—	58,92	Zinn
57,59	—	80,00	Brom
100,00	—	138,92	Zinnbromür.

Symb. und Aequiv. $SnBr = 138{,}92$. Atom. $Sn\bar{B}r (SnBr_2)$.

§. 750. Das Zinnbromür bildet sich beim Erhitzen des Zinns in Bromwasserstoffgas oder mit Quecksilberbromür, ist grauweiß und glänzend, schmilzt leicht zu einem gelblichen Oele, entwickelt beim Erhitzen an der Luft oder mit Salpeter Zinnbromid und löst sich leicht in Wasser; die farblose Lösung (die man auch durch Lösen des Zinns in wässerigem Bromwasserstoff erhält) gelatinirt beim Verdunsten, ohne zu krystallisiren.

Zinnbromid, $SnBr_2$, bildet sich bei der Berührung des Zinns mit Brom, ist weiß, krystallinisch, leicht schmelzbar und flüchtig, raucht an der Luft, ist in Wasser ohne Wärmeentwicklung löslich und wird nicht merklich durch erhitzte Schwefelsäure, rasch durch Salpetersäure zersetzt.

Zinniodür, iodwasserstoffsaures Zinnoxydul.

31,72	—	58,920	Zinn
68,28	—	126,845	Jod
100,00	—	185,765	Zinniodür.

Symb. und Aequiv. $SnI = 185{,}765$. Atom. $Sn\bar{I} (SnI_2)$.

§. 751. Das Zinn verbindet sich beim Erwärmen mit Jod unter Feuerentwicklung zu Zinniodür, welches eine durchscheinende, braune, beim Zerreiben schmutzig pomeranzengelbe, leicht schmelzbare Masse darstellt und bei der Zersetzung der Zinnchlorürlösung mit Jodkalium in schönen gelbrothen Nadeln krystallisirt; es löst sich in Wasser und Zinnchlorürlösung und verbindet sich mit Ammoniak und mehreren basischen Jodmetallen.

Zinniodid, SnI_2, ist unbekannt; Zinnsesquiiodid, Sn_2, I_3, scheint der gelbe pulverige Niederschlag zu sein, der sich beim Verdampfen einer Mischung aus Zinnchlorür- und Jodkaliumlösung, die zur Hälfte ihres Jodgehalts mit Jod vermischt worden, bildet.

Zinn und Kieszeuger.

Zinnsulphür.

78,64	—	58,92	Zinn
21,36	—	16,00	Schwefel
100,00	—	74,92	Zinnsulphür.

Symb. und Aequiv. $SnS = 74{,}92$.

§. 752. Das Zinn verbindet sich im erhitzten Zustand mit Schwefel unter Erglühen zu Zinnsulphür, welches eine dunkel bleigraue, metallglänzende, blättrig-krystallinische, etwas zähe, schwieriger als Zinn schmelzende Masse von 4,85 bis 5,26 spec. Gewicht darstellt und durch Zersetzung der Zinnchlorürlösung mit Schwefelwasserstoff oder Schwefelalkalimetallen als ein schwarzbraunes, nach dem Trocknen schwarzes Hydrat erhalten wird; es giebt

beim Erhitzen mit Wasserstoffgas langsam Schwefelwasserstoff, schon bei gewöhnlicher Temperatur mit Chlor Zinnchlorid und eine Verbindung desselben mit Schwefelsesquichlorür (vergl. §. 741), beim Erwärmen mit Phosphorwasserstoffgas Schwefelwasserstoff, Phosphor und Zinn, beim Schmelzen mit Cyankalium Zinn und Schwefelcyankalium und löst sich leicht in Salzsäure, nicht in Kalilauge.

Zinnsesquisulphür, Sn_2S_3, bildet sich beim Erhitzen des Sulphürs mit 1/3 Schwefel, ist graugelb, metallglänzend, entläßt bei hoher Temperatur 1/3 Schwefel und wird durch Salzsäure in Schwefelwasserstoff, Zinnsulphid und Zinnchlorür, durch Kalilauge in Zinnsulphidkalium, Zinnsulphür und zinnsaures Kali zersetzt. Die gewässerte Verbindung scheidet sich bei der Digestion der gesättigten Zinnsulphidkaliumlösung mit Zinnsulphid als leberbraunes Pulver ab, das bei der Digestion mit Kalilauge schwarzes Zinnsulphür giebt.

Zinnsulphid.

64,8	—	58,92	Zinn
35,2	—	32,00	Schwefel
100,0	—	90,92	Zinnsulphid.

Symb. und Aequiv. $SnS_2 = 90{,}92$.

§. 753. Das Zinnsulphid bildet sich beim Erhitzen der Zinnoxyde, des Zinnchlorürs oder des Zinnchlorürammoniaks mit Schwefel, beim Erhitzen des Sulphides mit Quecksilberchlorid, Quecksilbersulphid oder mit Salmiak und Schwefel; es stellt eine gelbe, voluminöse, glasige Masse, oder goldglänzende, fettig anzufühlende, durchscheinende, feine Schuppen oder sechseckige Blättchen (bekannt als Musivgold, Aurum mosaicum s. musivum) von 4,425 bis 4,6 spec. Gewicht oder, wenn es auf nassem Wege durch Zersetzung der Zinnchloridlösung mit Schwefelwasserstoff oder des Zinnsulphidkaliums mit Salzsäure erhalten, hellgelbe lockere Flocken dar, wird durch Glühen in Sulphür und Schwefel, durch kochendes Königswasser in Zinnoxyd und Schwefelsäure zersetzt, zerfließt schon bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas zu einer braunen Flüssigkeit, die später krystallinisches Zinnchlorid-Schwefelsuperchlorür giebt, und löst sich in erhitzter Kalilauge als zinnsaures Kali und Zinnsulphidkalium. Das Zinnsulphid bildet mit basischen Schwefelmetallen Schwefelsalze.

Man erhält die Zinnschwefelsalze, Sulphostannates, durch Lösen des Zinnsulphides in reinen oder geschwefelten Alkalien oder durch Fällung eines schweren Metallsalzes mit Zinnsulphidkalium.

Zinnselenür, $SnSe$, bildet sich beim Erhitzen des Zinns mit Selen unter Feuerentwicklung, ist grau, metallglänzend und giebt beim Erhitzen an der Luft Selen und Zinnoxyd. Zinnselenid, $SnSe_2$, bildet sich bei der Zersetzung des Zinnchlorides mit Schwefelwasserstoff.

Tellurzinn bildet sich leicht beim Zusammenschmelzen beider Stoffe.

Zinn und Erzzeuger.

Phosphorzinn.

§. 754. Das Zinn verbindet sich beim Schmelzen mit Phosphor, Sn_3P (?) bildend, welches auch beim Schmelzen des Zinns mit Phosphorglas entsteht und eine silberweiße, schneid- und zum Theil hämmerbare Masse darstellt. SnP_2 bildet sich bei der Zersetzung des Zinnchlorid-Phosphorwasserstoffes (vergl. S. 344) mit Wasser als ein gelbes, an der Luft leicht oxydirbares Pulver.

Arsenzinn bildet sich beim Vermischen des schmelzenden Zinns mit

Arsenpulver, oder beim Erhitzen von Zinn mit arseniger Säure, ist weiß, klingend, spröde, von blättrigem Gefüge, strengflüssiger als Zinn, verliert beim Schmelzen an der Luft das Arsen und löst sich in Salzsäure unter Entwicklung von Arsenwasserstoff und Abscheidung eines sehr arsenreichen schwarzen Pulvers, welches beim Erhitzen Arsen verliert und sich dann wieder in Säuren löst.

Antimonzinn wird durch Zusammenschmelzen beider Stoffe oder (sonst als Regulus Antimonii jovialis bekannt) durch Schmelzen des Schwefelantimons mit überschüssigem Zinn erhalten, ist bei $^1/_{13}$ Antimon das sog. Pewter, bei $^1/_{11}$ ganz ductil, bei $^1/_8$ von schönem Klang, bei $^1/_4$ minder ductil als Zinn, bei $^2/_5$ spröde und weniger blättrig als Antimon und bei gleichen Theilen höchst spröde und leicht pulverisirbar; es entläßt an kochende Salzsäure nur dann alles Zinn, wenn dieses wenigstens das Neunfache des Antimons beträgt.

Borzinn ist unbekannt. Kieselzinn ist ductil und hinterläßt beim Lösen in Säuren etwas Kieselerde.

Zinn und Metalle.

§. 755. Das Zinn läßt sich ziemlich leicht mit anderen Metallen zusammenschmelzen. Zinnkalium und Zinnnatrium bilden sich unter Lichtentwicklung beim Zusammenschmelzen beider Metalle, sind weniger weiß als Zinn, spröde, feinkörnig und leicht schmelzbar, oxydiren sich rasch (mitunter beim Pulvern unter Entzündung) an der Luft und brausen mit Wasser und wässerigen Säuren stark auf. Zinneisen bildet sich beim Glühen beider Metalle mit einander, wobei eine harte, magnetische Legirung mit $^1/_{23}$ Eisen und eine weiße, sehr harte, wenig streckbare und strengflüssige Verbindung, $SnFe_2$ (?), entsteht; $SnFe_3$ bildet sich bei der Destillation des Zinnamalgams in gußeisernen Retorten, krystallisirt in glänzenden, quadratischen Nadeln von 8,733 spec. Gewicht, rostet nicht an der Luft, verbrennt in der Flamme mit Funkensprühen und ist nicht in Salpetersäure, langsam in kochender Salzsäure, rasch in Königswasser löslich (verzinntes Eisenblech enthält zum Theil Zinneisen). Zinnnickel ist weiß, hart und spröde. Zinnkobalt ist hell violett und etwas ductil. Zinnkupfer bildet sich beim Zusammenschmelzen beider Metalle, ist bei wenig Zinn (Bronze der Alten) sehr hart und spröde, bei $^1/_{33}$ Zinn weniger in Salzsäure löslich als reines Kupfer, bei $^1/_{20}$ goldgelb, hart und geschmeidig, bei $^1/_9$ bis $^1/_{12}$ (Stückgut oder Kanonengut) gelb und wenig geschmeidig, bei $^1/_7$ sehr dicht, bei $^1/_6$ bis $^1/_5$ (Glockengut, Glockenspeise) gelbgrau und nach langsamem Abkühlen sehr hart, schwierig feilbar, klingend, spröde und von feinkörnigem Bruch, nach raschem Abkühlen weich, leicht feilbar und drehbar, nach dem Glühen und langsamen Abkühlen wieder hart, nahe bei der Glühhitze schmiedbar, bei $^1/_4$ roth-weiß und sehr spröde, bei $^1/_3$ (sog. Spiegelmetall) stahlgrau und sehr hart, bei gleichen Theilen bläulich-weiß, etwas hämmerbar, nicht sehr hart, bei $^1/_3$ Kupfer weiß, spröde und selbst nach langsamem Erstarren gleichartig, bei $^1/_4$ bläulich-weiß, krystallinisch und von faseriger Textur, als Sn_2Cu (in einem verzinnten Kupferkessel gebildet) in gelblich-grünweißen, glänzenden, regelmäßigen, sechsseitigen Säulen krystallisirt, bei $^1/_{11}$ Kupfer streckbar und an kochende Salzsäure Zinn abgebend und eine Verbindung von wenig Zinn mit viel Kupfer zurücklassend. Zinnzink ist härter als Zinn und Zink, weniger streckbar als Zinn und leicht schmelzbar, bei 204° erstarrend. Zinnblei ist härter, zäher und leichtflüssiger, als Zinn oder Blei und giebt bei $^3/_4$ Blei nur Zinn an Essig ab; Sn_3Pb schmilzt bei 187°, Sn_2Pb bei 200°, $SnPb$ bei 240°, $SnPb_2$ bei 270° und $SnPb_3$ bei 280°;

bei $^1/_{33}$ Blei ist es das sog. vierstempelige Zinn, bei $^1/_6$ das dreistempelige Zinn (für die gewöhnlichen Zinngeräthschaften), bei $^1/_5$ das fünfpfündige Zinn, bei $^1/_4$ das vierpfündige Zinn, bei $^1/_3$ das dreipfündige oder zweistempelige Zinn (sog. schwaches Schnellloth), bei gleichen Theilen das zweipfündige Zinn (gewöhnliches Schnellloth); $^1/_3$ Zinn giebt das starke Schnellloth. Zinnbleizink, $ZnSn_9Pb_2$, erstarrt bei 168°. Zinnwismuth: Bi_2Sn_3, erstarrt bei 143°, $BiSn_4$ bei 190°, $BiSn_2$ bei 160°, $BiSn$ bei 150°, Bi_3Sn_2 bei 170° und Bi_2Sn bei 190°. Zinnwismuthblei (vergl. Bd. 3, S. 70): Sn_2PbBi schmilzt bei 120°, Sn_2PbBi_2 bei 95°, $SnPbBi_2$ ist ebenfalls unter 100° schmelzbar und giebt beim Erstarren großer Massen deutliche Krystalle. Zinnamalgam bildet sich schon in der Kälte, ist zinnweiß und bei vorwaltendem Zinn spröde, körnig und in Würfeln krystallisirbar, bei mehr Quecksilber breiartig körnig und bei Ueberschuß flüssig; es stellt die Spiegelbelegung und bei $^1/_5$ Quecksilber das Muschelsilber oder Musivsilber dar. Zinnsilber bildet sich leicht durch Zusammenschmelzen und ist bei $^1/_5$ Zinn hart, bei $^2/_3$ geschmeidig, von körnigem Gefüge und leicht oxydirbar. Zinnpalladium bildet sich unter Feuerentwicklung und ist bei gleichen Theilen grauweiß, weicher als Stabeisen, sehr spröde und von feinkörnigem Bruch. Zinnplatin bildet sich unter heftigem Erglühen und ist bei $^1/_3$ Platin zinnweiß, spröde und von blättrigem Gefüge, bei gleichen Theilen dunkelgefärbt, hart, spröde, von grobem Korn und ziemlich leicht schmelzbar, bei $^1/_{13}$ Platin etwas streckbar. Zinniridium ist bei $^1/_5$ Irid mattweiß, leicht krystallisirbar, hart und malleabel. Zinngold ist bei $^1/_{12}$ Zinn sehr blaßgelb, nur wenig streckbar und von feinkörnigem Bruch und läßt sich nur schwierig vollständig trennen; beim Vermischen der Goldchloridlösung mit überschüssiger Zinnchloridlösung schlägt sich Zinngold als ein schwarzbraunes, unter dem Polirstahl metallglänzend und blaßgelb erscheinendes Pulver nieder, welches beim Schmelzen ein weißes, sprödes Korn giebt.

Anmerk. Unter dem Namen Goldpurpur ist der Niederschlag bekannt, welcher sich beim Vermischen einer sehr verdünnten neutralen Goldchloridlösung mit einer verdünnten Zinnchlorürlösung (noch schöner mit Zinnsesquichlorürlösung) nach längerer Zeit als ein purpurrothes oder schmutzigbraunes Pulver abscheidet, das beim Trocknen heller wird und von Einigen als ein Gemenge von fein zertheiltem Gold und Zinnoxyd, von Anderen als eine Verbindung von Zinnsesquioxydul mit Goldoxydul (Sn_2O_3, AuO) betrachtet wird. Der Goldpurpur löst sich nicht in verdünnten Säuren und Alkalien, aber in Ammoniak, und die purpurfarbene Lösung giebt beim Verdunsten einen gleichgefärbten Rückstand, der sich aber nicht wieder in Ammoniak löst. Der Goldpurpur behält beim Glühen, wobei er nur Wasser entläßt, seine Farbe, löst sich in Salzsäure mit Hinterlassung von metallischem Gold, in Königswasser mit Hinterlassung von Zinnoxyd, giebt beim Schmelzen mit Salpeter zinnsaures Kali und Zinngold, wird nicht durch Schmelzen mit kohlensaurem oder doppelt-schwefelsaurem Kali zersetzt und schwärzt sich durch Zinnchlorür (weßhalb beim Vermischen der Goldlösung mit überschüssiger Zinnchlorürlösung der Niederschlag mißfarbig auftritt) und andere desoxydirend wirkende Flüssigkeiten.

39. Vom Titan.

Symb. und Aequiv. $Ti = 24{,}332$. Atomengew. $(H = 1{,}0)$ 48,664 oder $(O = 100{,}0)$ 303,662. Spec. Gewicht = 5,3. Spec. Wärme?

§. 756. Das Titan stellt sehr kleine, auf den Flächen oft treppenförmig vertiefte, stark metallglänzende, gelblich oder rein kupferrothe, schwer zerreibliche, Stahl und Achat ritzende Würfel, oder ein goldgelbes, kupferrothes, dunkel violettblaues bis blauschwarzes Pulver dar, ist äußerst strengflüssig, leitet gut die Elektricität und ist in dünnen Blättchen mit grüner Farbe durchscheinend.

Das im Jahr 1791 von Gregor im Menakit entdeckte und 1794 von Klaproth im Rutil aufgefundene Titan findet sich nur oxydirt und zwar als Titansäure für sich im Rutil, Brookit und Anatas oder mit Basen verbunden im Sphen oder Titanit, Polymignit, Aeschynit, Pyrochlor, Ilmenit, Menakit, Iserin, Titaneisen, Perowskit, Greenovit, Mosandrit, Euxenit, Aeschinit und Oerstedtit, auch als Fluortitan im Warwickit und gediegen zuweilen als Kunstprodukt in Hohöfen, wo titanhaltige Eisenerze ausgeschmolzen werden, in rothen Würfeln krystallisirt. Man erhält das Titan entweder durch heftiges Glühen eines Gemenges von Titanoxyd und Kohle, oder durch Zersetzung des Fluortitankaliums mit Kalium in der Hitze, oder am leichtesten durch Glühen des Fluortitanammoniaks in einer Atmosphäre von Ammoniak.

Titan und Sauerstoff.

§. 757. Das Titan ist bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unveränderlich; bei der Glühhitze oxydirt es sich langsam, das pulverige rascher zu Titansäure, TiO_2; diese bildet sich auch beim Glühen des Titans mit Wasserdampf oder Salpeter. Es löst sich nicht in Salpetersäure, Salzsäure, Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure, aber in einem Gemische von Salpetersäure und Fluorwasserstoffsäure, das im fein zertheilten Zustande erhaltene auch in Königswasser. Außer der Titansäure kann es noch zwei niedrigere Oxydationsstufen bilden, die aber bis jetzt noch wenig bekannt sind.

Titanoxydul, TiO, bildet sich beim Glühen der Titansäure im Kohlentiegel und ist schwarz, pulverig, auf dem Strich eisengrau und in allen Säuren unlöslich.

Titansesquioxydul, Ti_2O_3, bildet sich beim Glühen eines Gemenges aus gleichen Theilen Titansäure, kohlensaurem Natron und Schwefel mit $^1/_5$ Kohlenpulver oder bei der Fällung der salzsauren Titansäurelösung mit Eisen, Zink oder Zinn, ist in ersterem Falle schwarz, im letzteren purpurfarben, oxydirt sich an der Luft schnell zu Titansäure und ist in Säuren mit weinrother Farbe löslich.

Titansäure, Titanoxyd.

60,33 —	24,332	Titan
39,67 —	16,000	Sauerstoff
100,00 —	40,332	Titansäure.

Symb. und Aequiv. $TiO_2 = 40,332$.

§. 758. Die Titansäure findet sich natürlich als Rutil in rothen, durchsichtigen, rechtwinkelig vierseitigen Prismen von 4,255 spec. Gewicht, als Brookit in durchsichtigen, pomeranzengelben bis braunen, geraden rhombischen Prismen von 4,167 spec. Gewicht und als Anatas in grauen, metallglänzenden, an den Kanten braungelb oder indigblau durchscheinenden Quadratoktaëdern von 3,82 bis 3,912 spec. Gewicht und stellt, auf dem Wege der Kunst erhalten, ein weißes, beim jedesmaligen Erhitzen gelb werdendes, geschmackloses, nur im Knallgasgebläse schmelzbares Pulver von 3,959 spec. Gewicht dar, welches in der Weißglühhitze das spec. Gewicht

des Brookits und im Porcellanofen das des Rutils erhält und beim Rothglühen durch die Alkalimetalle unter mäßiger Feuererscheinung theilweise, beim Weißglühen durch Kohle vollständig reducirt und beim starken Glühen in Schwefelkohlenstoffdampf unter Bildung von Kohlensäure und Kohlenoxyd in Schwefeltitan verwandelt wird. Die Titansäure löst sich im geglühten Zustand nicht in Säuren und bildet mit Wasser ein weißes, im frisch gefällten Zustand flockiges, etwas gallertartiges Hydrat, das Lakmus röthet, in Säuren löslich ist und beim Glühen unter Feuererscheinung in die unlösliche Modifikation übergeht, die durch Glühen mit Alkalien wieder löslich gemacht wird.

Man erhält die Titansäure durch Schmelzen des Rutils mit kohlensaurem Kali, Lösen der Masse in Salzsäure, Fällung der Lösung mit Schwefelammonium und Behandlung des Niederschlages mit Wasser und und schwefeliger Säure, wodurch das Schwefeleisen gelöst wird, oder durch Fällung des in Wasser gelösten Chlortitans mit Ammoniak als Hydrat, welches durch Erhitzen entwässert wird.

§. 759. Die Titansäure bildet mit den basischen Oxyden die titansauren Salze, Titanates, welche meist in Wasser unlöslich sind, von mäßig erwärmter Salzsäure vollständig gelöst werden, und beim Erhitzen mit verdünnter Salzsäure die meiste Titansäure fallen lassen; die salzsaure Auflösung wird durch Schwefelsäure, Phosphorsäure, Arsensäure und Oxalsäure weiß gefällt und durch Eisen, Zink und Zinn blau gefärbt und niedergeschlagen. Sie geben, wie die reine Titansäure, vor dem Löthrohr mit Soda eine gelbe, beim Erkalten grau werdende, mit Borax eine gelbe und mit Phosphorsalz in der inneren Flamme eine violette Perle.

Die titansauren Salze finden sich theils natürlich, theils lassen sie sich durch Zusammenschmelzen, einige auch auf nassem Wege darstellen. Titansaurer Kalk findet sich natürlich als Perowskit in Würfeln, mit titansaurer Zirkonerde, Yttererde, Ceroxyd, Manganoxyd und Eisenoxyd als Polymignit, ohne Yttererde im Aeschynit, mit kieselsaurem Kalk als Titanit oder Sphen ($CaO, 3TiO_2 + CaO, 2SiO_3$). Titansaures Manganoxydul findet sich als Greenovit, titansaures Eisenoxydul mit Eisenoxyd als Ilmenit, Kibdelophan und Basanomelan.

§. 760. Die Titansäure oder das Titanoxyd hat, wenn auch nur eine schwache Affinität zu den Säuren und bildet mit ihnen die Titanoxydsalze, Sales titanici; die Lösungen derselben sind theils gelb, theils farblos und geben beim Verdunsten in gelinder Wärme einen nicht krystallisirbaren Rückstand, welcher nur dann wieder vollständig in Wasser löslich ist, wenn beim Verdunsten keine Säure entwichen ist. Die Lösungen lassen beim Erhitzen ein basisches Salz fallen, werden durch Zink, Eisen und Zinn blau (und geben dann mit Zink einen violetten, mit Zinn einen purpurrothen Niederschlag) und durch Kupfer beim Kochen kirschroth (und geben dann mit Ammoniak einen dunkel kirschrothen Niederschlag, der sich nach einiger Zeit in weiße Titansäure verwandelt) gefärbt und durch Schwefelsäure, Phosphorsäure, Arsensäure, Oxalsäure und Weinsteinsäure (aus der möglichst neutralen salzsauren Auflösung), sowie durch reine, kohlensaure und geschwefelte Alkalien weiß, durch Kaliumeisencyanür dick gelb-rothbraun und durch Galläpfeltinktur dick braunroth gefällt.

Man erhält die Titanoxydsalze durch Lösen des natürlichen oder geglühten künstlichen Oxydes in kochender Schwefelsäure (oder Fluorwasserstoffsäure), die übrigen durch Lösen des Hydrates in den Säuren.

Titan und Salzzeuger.

Titanchlorid, chlorwasserstoffsaures Titanoxyd.

25,54 — 24,332	Titan	1 Vol.	Titandampf?
74,46 — 70,926	Chlor	2 „	Chlorgas
100,00 — 95,258	Titanchlorid:	1 Vol.	Titanchloridgas.

Symb. und Aequiv. $TiCl_2 = 95,258$. Atom. $Ti\text{Cl}_2$ ($TiCl_4$).

§. 761. Das Titanchlorid bildet sich bei der Einwirkung von trocknem Chlorgas auf glühendes Titan oder auf ein weißglühendes Gemenge von Titansäure und Kohle und stellt eine wasserhelle, sehr schwere Flüssigkeit dar, welche bei 135° siedet (spec. Gewicht des Dampfes = 6,836), stechend sauer riecht, an der Luft stark raucht und noch nicht bei ihrem Siedpunkt durch Kalium zersetzt wird, beim Leiten des Dampfes über erhitztes Alkalimetall aber Titan und Chloralkalimetall giebt. Es bildet mit wenig Wasser eine feste Salzmasse, mit mehr eine gelbliche Lösung (die auch durch Lösen des Titansäurehydrates in Salzsäure erhalten wird), die sich wie die Lösung der Titanoxydsalze verhält, und verbindet sich mit Ammoniak, Chlorschwefel, Phosphorwasserstoff und Salzsäure.

Titanchlorid-Ammoniak ($2 H_3N, TiCl_2$) bildet sich bei der Einwirkung von trocknem Ammoniakgas auf Titanchlorid, ist braunroth, pulverig und hygroscopisch, wird dabei weiß und zuletzt flüssig und hinterläßt beim Erhitzen metallisches Titan unter Sublimation von Titanchlorid-Chlorammonium, welches auf 1 Aequiv. Titanchlorid bald $1\frac{1}{2}$ bald 3 Aequiv. Chlorammonium enthält und in Wasser vollständig löslich ist.

Titanchlorid-Chlorschwefel bildet sich in veränderlichen Verbindungsverhältnissen bei der Abkühlung eines Gemisches von Titanchlorid und Chlorschwefel oder beim Leiten von Chlorgas über Schwefeltitan, ist gelb, krystallinisch, in der Wärme leicht schmelzbar, beim schwachen Erwärmen unzersetzt flüchtig, an der Luft stark rauchend und zerfließlich und löst sich in Wasser unter Bildung von Titanoxyd, Salzsäure, Schwefelsäure und unterschwefeliger Säure.

Titanchlorid-Phosphorwasserstoff bildet sich bei lang andauernder Einwirkung von Phosphorwasserstoff auf Titanchlorid, ist braun, zerfällt beim Erhitzen in verschlossenen Gefäßen in eine flüchtige Verbindung von Titanchlorid, Phosphorwasserstoff und Salzsäure ($3 TiCl_2, HCl, PH_3$), in Salzsäure, Phosphorwasserstoff, Phosphor und Titan, entwickelt beim Uebergießen mit Wasser, wässeriger Salzsäure und reinen oder kohlensauren Alkalien Phosphorwasserstoffgas im schwer, mit Ammoniak im leicht entzündlichen Zustand und wird durch trocknes Ammoniakgas unter Bildung von Titanchlorid-Ammoniak zersetzt.

Bromtitan und Jodtitan sind unbekannt.

Titanfluorid, fluorwasserstoffsaures Titanoxyd.

39,24 — 24,332	Titan
60,76 — 37,668	Fluor
100,00 — 62,000	Titanfluorid.

Symb. und Aequiv. $TiF_2 = 62,0$. Atom. TiF_2 (TiF_4).

§. 762. Das Titanfluorid entsteht bei der Destillation der Titansäure mit Flußspath und Schwefelsäure als eine ölartige gelbe Flüssigkeit und wird beim Verdunsten der Lösung der Titansäure in Flurwasserstoffsäure krystallinisch erhalten. Durch Wasser zerfällt das Titanfluorid in Oxyfluorid und Titanfluorwasserstoffsäure.

Titanoxyfluorid scheidet sich bei der Zersetzung des krystallinischen Titanfluorides durch Wasser als ein weißes Pulver ab, welches das Fluor nicht beim Erhitzen für sich, wohl aber beim Glühen mit kohlensaurem Ammoniak entläßt.

Titanfluorwasserstoffsäure oder dreifach-fluorwasserstoffsaures Titanoxyd ($Ti\,O_2$, 3 FH) ist nur im wasserhaltigen Zustand bekannt, und wird bei der Zersetzung des krystallinischen Titanfluorides mit Wasser oder beim Lösen des Titans in einem Gemische von Salpetersäure und Fluorwasserstoffsäure oder des Titanoxydes in Fluorwasserstoffsäure erhalten.

Der Warwickit ist Fluortitan mit sehr vorwaltendem Metall (Ti_2F), Eisen und etwas Yttererde, und kommt in braunen bis schwarzen, an dünnen Kanten mit röthlich-brauner Farbe durchscheinenden Krystallen von 3,0 bis 3,14 spec. Gewicht vor.

§. 763. Das Titanfluorid verbindet sich mit anderen Fluormetallen zu Fluortitanmetallen, Titanofluorides, die im wasserhaltigen Zustand als fluorwasserstoffsaure Titanoxydsalze, Sales titanohydrofluorates, betrachtet werden können. Sie bestehen aus gleichen Aequiv. Titanfluorid und Fuormetall und werden durch Glühen nicht zersetzt.

Man erhält die Fluortitanmetalle durch Lösen der Salzbasis in Titanfluorwasserstoffsäure. Fluortitankalium krystallisirt in der Borsäure ähnlichen Schuppen, die beim Trocknen milchweiß und seidenglänzend werden, sich ohne Zersetzung in Wasser lösen und beim Erhitzen mit Kalium unter lebhafter Feuerentwicklung Titan und Fluorkalium geben; Fluortitannatrium ist noch leichter in Wasser löslich und nur undeutlich krystallinisch. Fluortitanammonium krystallisirt in Schuppen und wird bei der Sublimation in Fluorammonium und H_4NF, 2 TiF zersetzt.

Titan und Erzzeuger.

Schwefeltitan.

43,19	—	24,332	Titan
56,81	—	32,000	Schwefel
100,00	—	56,332	Schwefeltitan.

Symb. und Aequiv. $Ti\,S_2 = 56{,}332$.

§. 764. Das Schwefeltitan bildet sich beim Leiten von Schwefelkohlenstoffdampf über stark glühende Titansäure (wird auch bei der Darstellung des Titansesquioxyduls aus Titansäure, kohlensaurem Natron, Schwefel und Kohle durch Behandeln der geglühten Masse mit Wasser, und des schlammigen Rückstandes mit Schwefelsäure als Rückstand erhalten) und stellt eine dunkelgrüne, auf dem Strich messinggelb werdende, wie Talk abfärbende Masse oder bronzegelbe, oft breite Blättchen dar; es verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu Titansäure und schwefeliger Säure und wird durch Salpetersäure, Chlor, Königswasser, Salzsäure und wässerige Alkalien schon bei gewöhnlicher oder wenig erhöhter Temperatur, durch Wasserdampf erst bei starker Glühhitze zersetzt.

Selentitan und Tellurtitan sind unbekannt.

Phosphortitan bildet sich beim heftigen Glühen des phosphorsauren Titanoxydes mit Kohle und etwas Borax als ein weißes, sprödes, vor dem Löthrohr schmelzbares Korn. Arsentitan und Antimontitan sind unbekannt.

Bor und Kiesel sind noch nicht mit Titan verbunden worden; auch die

Legirungen des Titans sind nur in so weit erkannt, als daß bei der Behandlung derselben mit Säuren das Titan zugleich mit oxydirt und gelöst wird.

40. Vom Tantal.

Symb. und Aequiv. Ta = 92,448. Atomengew. (H = 1,0) 184,896 oder (O = 100,0) 1153,718. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 765. Das Tantal stellt ein schweres, schwarzes, unter dem Polirstahl eisengraues, sehr strengflüssiges, die Elektricität gar nicht oder nur schwach leitendes Pulver oder einen dünnen, gelblichen, schwach metallglänzenden, die Elektricität gut leitenden Ueberzug (auf Tantaloxyd) oder röthlichgelbe, sehr spröde Metallkörner dar.

Das von Hatchett 1801 in einem amerikanischen Fossil aufgefundene und Columbium benannte Tantal wurde im Jahr 1809 von Wollaston als identisch mit dem 1802 von Ekeberg in einigen schwedischen Mineralien vorkommenden Tantal erkannt und 1824 von Berzelius rein dargestellt, indem Fluormetallkalium mit Kalium erhitzt und der erkaltete Rückstand ausgelaugt wird. Es findet sich vorzüglich in den finnländischen Tantaliten.

Tantal und Sauerstoff.

§. 766. Das Tantal hält sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unveränderlich, aber noch weit unter der Glühhitze entzündet es sich und verglimmt mit großer Lebhaftigkeit vollständig zu Tantalsäure, Ta_2O_3; in den Säuren ist es unlöslich und nur Fluorwasserstoffsäure oder ein Gemische von dieser und Salpetersäure löst es auf; auch durch Schmelzen des Tantals mit reinem oder kohlensaurem Alkali bildet sich Tantalsäure, welche durch Glühen mit Kohle zum Theil in Tantaloxyd, Ta, O reducirt wird.

Tantaloxyd oder tantalige Säure, TaO, wird durch heftigstes Glühen der stark zusammengepreßten Tantalsäure in einem engen Kohlentiegel erhalten und stellt eine ungeschmolzene, poröse, dunkelgraue, nach dem Poliren metallisch stahlgraue, das Glas ritzende Masse dar; es findet sich mit Eisenoxydul und etwas Manganoxydul in dem Tantalit von Kimito.

Tantalsäure.

88,5 —	184,896	Tantal
11,5 —	24,000	Sauerstoff
100,0 —	208,896	Tantalsäure.

Symb. und Aequiv. Ta_2O_3 = 208,896. Atom. $\overline{Ta}O_3$ (Ta_2O_3).

§. 767. Die Tantalsäure stellt ein weißes, beim Erhitzen vorübergehend schwach gelblich werdendes, unschmelzbares und feuerbeständiges, Lakmus nicht röthendes, geruch- und geschmackloses Pulver von 6,5 spec. Gewicht dar, wird durch einen starken galvanischen Strom und durch Glühen mit Wasserstoffgas oder Kohle zersetzt und durch Erhitzen mit Fluorwasserstoffsäure in Fluortantal, durch Glühen mit Schwefelkohlenstoff in Schwefeltantal verwandelt und bildet mit Wasser ein voluminöses, schneeweißes, sauer reagirendes Hydrat, welches durch Galläpfeltinktur orange gefärbt wird.

Man erhält die Tantalsäure durch Schmelzen des Tantalits mit der sechs- bis achtfachen Menge sauren schwefelsauren Kali's, Auskochen der gepulverten Masse mit Wasser, Digestion des darin Unlöslichen mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium und nachherige Behandlung

mit concentrirter Salzsäure in der Siedhitze, wobei die Tantalsäure als Hydrat zurückbleibt, und nach dem Auswaschen mit Glühen in kochendem Wasser.

§. 768. Die Tantalsäure bildet mit den basischen Oxyden die tantalsauren Salze, Tantalates; diese sind theils löslich, theils unlöslich, und werden durch stärkere Säuren unter Abscheidung eines milchweißen Niederschlags zersetzt, der sich nach dem Glühen nicht in den Säuren löst und Flüssen keine Farbe mittheilt. Die wässerigen Lösungen werden durch Galläpfeltinktur pomeranzengelb gefärbt.

Die tantalsauren Salze werden theils auf trocknem, theils auf nassem Wege durch Einwirkung der Säure auf die Basis erhalten. Natürlich vorkommende tantalsaure Salze sind der Fergusonit (6 [YO, ThO, CeO], Ta_2O_3), welcher in braunschwarzen, krystallinischen Massen von 5,8 spec. Gewicht vorkommt, der Ytterotantalit (4[CaO, YO, UO, FeO], Ta_2O_3), welcher in braunschwarzen oder (3 [CaO, YO, FeO], Ta_2O_3, WO_3) in schwarzen, metallglänzenden Massen von 5,395 spec. Gewicht oder [9 YO, U_2O_3, 4 TaO_3] in braungelben Massen von 5,882 spec. Gewicht vorkommt, ferner der Tantalit (FeO, Ta_2O_3 und FeO, MnO, 2 Ta_2O_3) und der Columbit (MnO, 5 FeO, 3 Ta_2O_3). In diesen, wie auch noch in mehreren anderen Mineralien ist die angebliche Tantalsäure aber auch theilweise oder gänzlich als Niobsäure und Pelopsäure zu betrachten.

§. 769. Die Tantalsäure verbindet sich nur als Hydrat mit Säuren und ist namentlich in Fluorwasserstoffsäure und saurem oxalsaurem Kali, weniger in Schwefelsäure und Salzsäure löslich; von den farblosen Lösungen werden einige durch Wasser, andere durch Phosphorsäure, alle durch kohlensaure und geschwefelte Alkalien gefällt und durch Kaliumeisencyanür gelb und im möglichst neutralen Zustand durch Galläpfeltinktur pomeranzengelb gefärbt.

Die wasserfreie Tantalsäure wird durch Schmelzen mit reinem oder saurem schwefelsaurem Kali in Säuren löslich.

Tantal und Salzzeuger.

Tantalchlorid, chlorwasserstoffsaure Tantalsäure.

63,48	—	184,896	Tantal
36,52	—	106,389	Chlor.
100,00	—	291,285	Tantalchlorid.

Symb. und Aequiv. Ta_2Cl_3 = 291,285. Atom. TaCl$_3$ (Ta_2Cl_6).

§. 770. Das Tantal verbrennt beim Erhitzen in Chlorgas mit Lebhaftigkeit und unter Verbreitung eines dunkelgelben Dampfes zu Tantalchlorid, welches sich zu einem gelbweißen, nicht krystallinischen Mehl verdichtet; es bildet sich auch beim Erhitzen des Schwefeltantals mit Chlor und wird durch Wasser unter Zischen zersetzt, indem sich Tantalsäure abscheidet und die gebildete wässerige Salzsäure nur wenig Tantalsäure gelöst enthält.

Tantalsaures Tantalchlorid bildet sich bei der Einwirkung von Chlor auf ein glühendes Gemenge von Tantalsäure und Kohle als ein weißes, an der Luft schwach rauchendes Sublimat, welches in farblosen Dämpfen flüchtig ist und sich dann zu einer seidenglänzenden, concentrisch faserigen Masse verdichtet; es verhält sich gegen Wasser wie das reine Chlorid und giebt mit Salzsäure eine vollständige Lösung.

Bromtantal und Jodtantal sind unbekannt.

Tantalfluorid, fluorwasserstoffsaure Tantalsäure.

76,59	— 184,896	Tantal
23,41	— 56,502	Fluor
100,00	— 241,398	Tantalfluorid.

Symb. und Aequiv. Ta_2F_3 = 241,398. Atom. $\text{Ta}F_3$ (Ta_2F_6).

§. 771. Das Tantalfluorid wird durch Verdunsten der Lösung der Tantalsäure in Fluorwasserstoffsäure als eine weiße, undurchsichtige, nicht krystallinische Masse erhalten, welche feuerbeständig ist und durch Wasser in Tantalfluorwasserstoffsäure und etwas fluorwasserstoffsäurehaltige Tantalsäure zersetzt wird. Es verbindet sich mit anderen Fluormetallen zu Fluortantalmetallen, Tantalofluorides, welche feuerbeständig sind und durch kochendes Wasser in eine lösliche saure und in eine unlösliche basische Verbindung zersetzt werden.

Tantalfluorwasserstoffsäure scheidet sich beim vorsichtigen Verdunsten der Lösung der Tantalsäure in Fluorwasserstoffsäure in Krystallen ab, die an der Luft Fluorwasserstoffsäure und Wasser entlassen, verwittern und in Tantalfluorid übergehen; löst sich im frischen Zustand unzersetzt in Wasser.

Tantal und Kieszeuger.

Schwefeltantal.

79,39	— 184,896	Tantal
20,61	— 48,000	Schwefel
100,00	— 232,896	Schwefeltantal.

Symb. und Aequiv. Ta_2S_3 = 232,896. Atom. $\text{Ta}O_3$ (Ta_2O_3).

§. 772. Erhitztes Tantal verbindet sich mit dampfförmigem Schwefel unter lebhafter Verbrennung zu Schwefeltantal, welches sich auch beim Leiten von Schwefelkohlenstoffdampf über weißglühende Tantalsäure bildet und eine graue, feinkörnige, zart anzufühlende, zu stahlgrauen, metallglänzenden, dem Graphit ähnlichen, die Elektricität leitenden Flittern zusammendrückbare Masse darstellt, an der Luft beim anfangenden Glühen verbrennt, durch Chlorgas schon bei gewöhnlicher Temperatur in Tantalchlorid und Chlorschwefel verwandelt wird, mit Königswasser Schwefelsäure und Tantalsäure giebt, in einem Gemische von Salpetersäure und Fluorwasserstoffsäure unter Abscheidung von Schwefel löslich ist und mit Kalihydrat geschmolzen ein gelbrothes Gemische von tantalsaurem Kali und Schwefeltantalkalium giebt.

Selentantal und Tellurtantal sind unbekannt.

Verbindungen des Tantals mit den Erzzeugern (Phosphor, Arsen und Antimon) und Glaszeugern (Bor und Kiesel) kennt man nicht.

Tantal und Metalle.

§. 773. Von den Legirungen des Tantals kennt man nur das Tantalmangan (durch Glühen beider Oxyde im Kohlentiegel zu erhalten), welches an Salzsäure Mangan abgiebt und das Tantal als ein schwarzes Pulver hinterläßt, und das Tantaleisen (durch Weißglühen von Tantalsäure mit Eisenfeile im Kohlentiegel zu erhalten) als eine unvollkommen geflossene, dem Gußeisen ähnliche, aber auf dem Bruche unkrystallinische, Glas ritzende, spröde, schwierig brennbare Masse, welche nur langsam an Salzsäure das Eisen abgiebt und das Tantal als ein graues Pulver hinterläßt.

41. Vom Niobium.

Symb. und Aequiv. Nb = 75,918. Atomengew. (H = 1,0) 151,838 oder (O = 100,0) 938,647. Spec. Gewicht und Wärme ?

§. 774. Das Niobium ist schwarz, pulverförmig, zum Theil wie Zuckerkohle glänzend und zusammenhängend.

Das von H. Rose 1844 entdeckte Niobium findet sich insbesondere in den sog. baierschen Tantaliten, aber auch in verschiedenen andern Mineralien, in denen man früher Tantalsäure annahm. Es wird durch Zersetzung des Chlorniobium-Ammoniaks mit Ammoniakgas in der Hitze erhalten.

Niobium und Sauerstoff.

§. 775. Das Niobium ist bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unveränderlich und wirkt nicht auf Wasser zersetzend; beim Erhitzen an der Luft entzündet es sich und verglimmt zu Niobsäure, $Nb_2 O_3$. Das Metall ist selbst in kochender Salpetersäure und Salzsäure, sowie in erhitztem Königswasser unlöslich und wird nur durch ein Gemische von Salpetersäure und Fluorwasserstoffsäure gelöst, sowie auch durch Schmelzen mit Kalihydrat orydirt.

Niedrigere Orydationsstufen scheinen sich bei der Einwirkung von Zink auf die salzsaure Lösung der Niobsäure zu bilden, indem diese zuerst blau und später braun gefärbt wird und mit Ammoniak einen blauen oder braunen Niederschlag giebt, der an der Luft wieder zu Niobsäure orydirt wird.

Niobsäure.

86,3	—	151,838	Niobium
13,7	—	24,000	Sauerstoff
100,0	—	175,838	Niobsäure.

Symb. und Aequiv. $Nb_2 O_3 = 175{,}838$. Atom. $Nb O_3 (Nb_2 O_3)$.

§. 776. Die Niobsäure stellt eine weiße, auf dem Bruche erdige, oder eine gelbliche, auf dem Bruche glasige Masse dar, wird beim Glühen goldgelb, beim Erkalten wieder weiß, ist von 3,95 spec. Gewicht und bildet mit Wasser ein Hydrat, welches im frisch gefällten Zustand aufgequollen ist, zu durchscheinenden Stücken eintrocknet, sauer reagirt und beim Erhitzen unter Verlust des Wassers ein Erglühen zeigt.

Man erhält die Niobsäure aus den niobhaltigen Mineralien (namentlich aus dem Aeschynit) auf dieselbe Weise wie die Tantalsäure und trennt sie von dieser durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron, Lösen der Masse in wenig Wasser, wobei tantalsaures Natron hinterbleibt, und Fällung der verdünnten Lösung mit verdünnter Salzsäure, wobei das Hydrat abgeschieden und dieses durch Glühen entwässert wird.

§. 777. Die Niobsäure bildet mit mehreren basischen Oryden die niobsauren Salze, Niobates, die zum Theil löslich sind und von Säuren unter Abscheidung von Niobsäurehydrat zersetzt werden. Die mit Schwefelsäure angesäuerte Lösung des niobsauren Natrons giebt mit Kaliumeisencyanür einen reichlichen rothen und mit Kaliumeisencyanid einen gelben, und die mit Salzsäure angesäuerte Lösung mit Galläpfeltinktur einen hellgelben Niederschlag und wird durch Zink blau gefärbt. Die Niobsäure giebt vor dem Löthrohr erhitzt mit Borax in der äußern Flamme ein gelbes, nach dem Abkühlen farbloses, in der innern ein braunes Glas und mit Phosphorsalz in der äußern Flamme eine gelbe, nach dem Abkühlen farblose, in der innern eine blaue Perle.

Man erhält die niobsauren Salze theils auf trocknem, theils auf nassem Wege. Niobsaures Natron ($3 Na O, Nb_2 O_3$) wird durch Kochen mit Wasser zersetzt. Niobsaurer Baryt scheidet sich krystallinisch beim Vermischen einer heiß bereiteten Lösung der Niobsäure in con-

centrirter Salzsäure mit Chlorbaryumlösung in sternförmig gruppirten Blättchen ab. Niobsaure Yttererde macht den Hauptbestandtheil des Euxenits aus. Niobsaure Zirkonerde findet sich neben Titansäure, Yttererde, Ceroxyd, Lanthanoxyd und Eisenoxydul im Aeschynit.

§. 778. Die Niobsäure verbindet sich auch mit andern Säuren, ist aber nur als Hydrat in denselben, namentlich in concentrirter Salzsäure und Schwefelsäure und saurem oxalsaurem Kali löslich; die geglühte Niobsäure löst sich nur wenig in concentrirter Schwefelsäure, mehr aber, wenn deren Siedpunkt durch Zusatz von schwefelsaurem Natron erhöht wird.

Schwefelsaure Niobsäure bleibt beim Verdunsten als eine durchsichtige, farblose Masse zurück, die durch Wasser in freie Schwefelsäure und eine basische Verbindung zerlegt wird. Salzsaure Niobsäure läßt auf Zusatz von schwefelsaurem Kali basisch schwefelsaure Niobsäure als einen dicken weißen Niederschlag fallen, der zu schneeweißen, auf dem Bruche erdigen Stücken eintrocknet.

Niobium und Salzzeuger.

Niobchlorid, chlorwasserstoffsaure Niobsäure.

58,8	— 151,838	Niobium
41,2	— 106,389	Chlor
100,0	— 258,227	Niobchlorid.

Symb. und Aequiv. Nb_2Cl_3 = 258,227. Atom. $Nb\,Cl_3$ (Nb_2Cl_6).

§. 779. Das Niobium verhält sich gegen Chlor wie das Tantal und verbindet sich damit theils zu einer weißen schwammigen Masse, theils zu feinen, fadenförmigen Prismen; das gebildete Niobchlorid verhält sich gegen Wasser wie das Tantalchlorid und löst sich vollständig in concentrirter Salzsäure. Es verbindet sich mit Ammoniak.

Die Verbindungen des Niobiums mit den übrigen Elementen sind noch nicht untersucht.

42. Vom Pelopium.

Symb. und Aequiv. Pe = 47,195. Atomengew. (H = 1,0) 94,39 oder (O = 100,0) 589,938. Spec. Gewicht und Wärme ?

§. 780. Dieses von H. Rose in dem Bodenmaiser Tantalit aufgefundene Metall schließt sich dem Tantal und Niobium an, indem es wie diese mit Sauerstoff eine Säure, die Pelopsäure, Pe_2O_3, und mit Chlor das Pelopchlorid, Pe_2Cl_3, bildet, die sich den entsprechenden Verbindungen des Tantals und Niobs ähnlich verhalten; das Chlorid ist schon bei 125° flüchtig und löst sich in concentrirter Salzsäure vollständig auf.

Das Aequiv. und Atomengew. des Pelopiums ist nach den von Hermann für das Ilmenium gefundenen Resultaten berechnet. Der genannte Naturforscher wollte nämlich in einem früher als Yttrotantalit aufgeführten Mineral ein eigenthümliches Metall aufgefunden haben, welches er nach dem Vorkommen des Minerals in dem Ilmengebirge Ilmenium benannte. Dieses bildet ganz analog mit dem Tantal und Niobium eine Ilmensäure, Il_2O_3, und ein Ilmenchlorid, Il_2Cl_3. Rose that jedoch bald darauf dar, daß dieses Metall nichts Anderes sei, als das von ihm fast gleichzeitig aufgefundene Pelopium. Das Ilmenium wird durch Zersetzung des Ilmenchlorid-Ammoniaks mit Ammoniakgas in der Hitze erhalten und stellt dann schwarze, poröse, der Zuckerkohle ähnliche Stücke dar; es wirkt nicht auf Wasser

zersetzend und wird nicht von kochender Salpetersäure, Salzsäure und Königswasser gelöst; beim Erhitzen an der Luft verglimmt es zu Ilmensäure, welche schneeweiße erdige Stücke darstellt. Beim Erhitzen derselben mit Kohle und Chlorgas wird das Ilmenchlorid als ein gelblicher krystallinischer Anflug erhalten.

43. Vom Wolfram.

Symb. und Aequiv. W = 94,795. Atomengew. (H = 1,0) 189,59 oder (O = 100,0) 1183,0. Spec. Gewicht = 17,6. Spec. Wärme = 0,03636.

§. 781. Das Wolfram stellt ein stahlgraues Pulver oder ein ziemlich stark glänzendes, sehr hartes, kaum feilbares und sprödes Metallkorn dar, ist nicht magnetisch und kaum in dem stärksten Essenfeuer und schwieriger als Mangan schmelzbar.

Das Wolfram wurde als Wolframsäure von Scheele entdeckt und ist auch nach diesem benannt worden (Scheel, Scheeloxyd, Scheelsäure u. s. w.); es findet sich als Säure theils für sich, theils an Basen gebunden und wird aus dieser durch Reduction mit Wasserstoffgas oder Kohle bei hoher Temperatur gewonnen.

Wolfram und Sauerstoff.

§. 782. Das Wolfram ist bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unveränderlich, verbrennt aber beim Erhitzen an der Luft (im pulverigen Zustand wie Zunder) zu Wolframsäure, WO_3. Diese bildet sich auch bei der Einwirkung von Salpetersäure oder Königswasser auf das Metall, während Wasser, Salzsäure und Schwefelsäure nicht darauf wirken. Die Wolframsäure wird durch theilweise Desoxydation in Wolframoxyd, WO_2, verwandelt.

Ueber blaues Wolframoxyd, W_2O_5, vergl. S. 360 bei wolframsaurem Wolframoxyd.

Wolframoxyd.

85,56 —	94,795	Wolfram
14,44 —	16,000	Sauerstoff
100,00 —	110,795	Wolframoxyd.

Symb. und Aequiv. WO_2 = 110,795.

§. 783. Das Wolframoxyd bildet sich bei der theilweisen Desoxydation der Wolframsäure oder bei der Zersetzung des Wolframchlorürs durch Wasser und stellt ein braunes, auf dem Strich dunkel kupferrothes oder ein kohlenschwarzes, unter dem Polirstahl graues und metallglänzendes Pulver oder kupferrothe metallglänzende Blättchen dar; es zerfällt beim stärkeren Erhitzen mit Wasserstoffgas in Metall und Wasser, beim Glühen mit kohlensaurem Natron in jenes und wolframsaures Natron. Es verbindet sich nicht mit Säuren, giebt aber mit Natron eine krystallinische, goldgelbe Verbindung.

Man erhält das Wolframoxyd durch Leiten von Wasserstoffgas über schwach glühende Wolframsäure, oder beim Glühen derselben mit wenig Kohle, ferner durch Erhitzen eines eingedampften Gemisches von Salmiak und wolframsaurem Kali bis zur Verflüchtigung des ersteren, oder durch längere und oft wiederholte Einwirkung von verdünnter Salzsäure und Zink auf Wolframsäure, bis diese vollständig in kupferrothe Blättchen verwandelt ist.

Wolframsäure.

79,8 —	94,795	Wolfram
20,2 —	24,000	Sauerstoff
100,0 —	118,795	Wolframsäure.

Symb. und Aequiv. $WO_3 = 118{,}795$.

§. 784. Die Wolframsäure findet sich höchst selten natürlich vor; künstlich dargestellt ist sie ein citronengelbes, zartes Pulver oder schwefelgelb und von der Form des wolframsauren Ammoniaks, wenn sie durch Zersetzung desselben in der Hitze erhalten wurde; sie färbt sich beim jedesmaligen Erhitzen dunkler gelb und an der Sonne vorübergehend grün, ist unschmelzbar, feuerbeständig, ohne Geschmack, reagirt nicht sauer, ist in Wasser und Säuren unlöslich, giebt beim starken Glühen für sich blaues Oxyd und Sauerstoff, beim Rothglühen mit Wasserstoffgas erst braunes Oxyd, dann Metall und Wasser, beim schwachen Glühen mit Kohle braunes Oxyd, bei stärkerem auch Metall, beim Glühen mit Schwefel blaues Oxyd, wird schon bei geringer Erhitzung durch die Alkalimetalle desoxydirt und durch Zinnchlorür, kochenden Essig und andere organische Substanzen in blaues Oxyd verwandelt und färbt sich in Berührung mit Salzsäure und Zink erst blau, dann schwarz, hierauf violett, zuletzt in kupferrothes Oxyd (WO_2) übergehend.

Man erhält die Wolframsäure gewöhnlich durch Schmelzen des Wolframerzes mit kohlensaurem Kali, Lösen des Rückstandes in Wasser, Fällung des Filtrates mit Salpetersäure, Digestion des Niederschlages mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium, Fällung des Filtrates mit Salpetersäure und gelindes Rösten des abgeschiedenen Schwefelwolframs an der Luft. Oder natürlicher oder künstlicher wolframsaurer Kalk (letzterer wird durch Schmelzen des gepulverten Wolframerzes mit der doppelten Menge Chlorcalcium und Auslaugen der Masse mit Wasser als Rückstand erhalten) wird durch Salpetersäure oder Salzsäure zersetzt, der Niederschlag in Ammoniak gelöst, filtrirt, verdunstet und der Rückstand geglüht.

§. 785. Die Wolframsäure bildet mit den basischen Oxyden die **wolframsauren Salze**, Wolframates, die von bedeutendem spec. Gewicht, feuerbeständig und mit Ausnahme der Alkalisalze und des Magnesiasalzes in Wasser unlöslich sind; die löslichen Salze schmecken bitter metallisch mit einer unangenehmen Empfindung im Schlunde und werden wie die unlöslichen durch Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure, aber nicht durch Oxalsäure, Weinsteinsäure und Citronensäure zersetzt; der aus Wolframsäure oder aus dieser und dem Fällungsmittel bestehende Niederschlag löst sich nicht in den Säuren, mit Ausnahme der Phosphorsäure, und giebt vor dem Löthrohr mit Borax ein gelbes, mit Phosphorsalz in der äußern Flamme ein gelbes, in der innern ein blaues Glas. Die Lösungen der wolframsauren Alkalien geben mit Kalkwasser und den Salzen des Baryts, Kalks, Zinnoxydes, Bleioxydes, Quecksilberoxydes und Silberoxydes weiße, aus wolframsauren Salzen bestehende und mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium und nachher mit Salzsäure vermischt gelbe, aus Wolframsulphid bestehende Niederschläge.

Man erhält die wolframsauren Salze durch Lösen der Säure in den Alkalien, die übrigen durch doppelte Affinität. **Wolframsaures Kali** ($KO, WO_3, 5\,Aq.$) krystallisirt in sechsseitigen Säulen, wird an der Luft feucht, entläßt in der Hitze das Wasser und schmilzt kurz vor

dem Glühen zu einer wasserhellen Flüssigkeit, die beim Erkalten krystallinisch erstarrt. Wolframsaures Natron ($NaO, WO_3, 2 Aq.$) krystallisirt in durchscheinenden, perlglänzenden, rhombischen Tafeln. Beide Salze können noch 1 Aequiv. Säure aufnehmen und saure Salze bilden, von denen das Kalisalz aus der wässerigen Lösung mit 2, das Natronsalz mit 4 Aequiv. Wasser krystallisirt. Wolframsaures Ammoniak ($H_4NO, 2WO_3, Aq.$) krystallisirt aus der neutralen Lösung unter Ammoniakverlust in vierseitigen Nadeln oder kleinen rhombischen Tafeln, ist luftbeständig und schwerlöslich in Wasser, wird beim Entwässern theilweise zersetzt und giebt in der Glühhitze blaues Oxyd, bei Zutritt der Luft Wolframsäure von der Form des Salzes. Wolframsaurer Kalk (CaO, WO_3) findet sich natürlich als Tungstein in farblosen, durchsichtigen, oktaëdrischen Krystallen von 6,04 spec. Gewicht. Wolframsaurer Strontian und Baryt sind in Wasser unlöslich. Wolframsaure Magnesia krystallisirt in kleinen glänzenden, luftbeständigen, in Wasser löslichen Schuppen. Wolframsaures Eisenoxydul findet sich mit wolframsaurem Manganoxydul als Wolframerz ($4[FeO, WO_3] + MnO, WO_3$, oder $3[FeO, WO_3] + MnO, WO_3$ oder $3[FeO, WO_3] + 2[MnO, WO_3]$ oder $2[FeO, WO_3] + 3[MnO, WO_3]$. Wolframsaures Wolframoxyd, blaues Wolframoxyd (W_2O_5 oder WO_2, WO_3) entsteht bei der Einwirkung verschiedener desoxydirender Substanzen auf Wolframsäure oder beim Erhitzen des wolframsauren Ammoniaks in verschlossenen Gefäßen, ist tief indigblau und geht durch Erhitzen an der Luft wieder in Wolframsäure über.

Wolfram und Salzzeuger.

Wolframchlorür, chlorwasserstoffsaures Wolframoxyd.

57,26	—	94,795	Wolfram
42,74	—	70,926	Chlor
100,00	—	165,721	Wolframchlorür.

Symb. und Aequiv. $WCl_2 = 165{,}721$. Atom. $W\text{Ꞓ}l_2$ (WCl_4).

§. 786. Erhitztes Wolfram verbrennt in Chlorgas mit dunkelrothem Lichte zu Wolframchlorür, welches theils dunkelrothe, zarte, wollig zusammengehäufte Nadeln, theils eine dichte, geschmolzene, auf dem Bruche glänzende Masse darstellt, leicht schmelzbar und in dunkelrothen Dämpfen flüchtig ist, durch Wasser violett und allmählig in Oxyd und wässerige Salzsäure zersetzt wird und unter Wasserstoffgasentwicklung in Kalilauge löslich ist.

Wolframchlorid, chlorwasserstoffsaure Wolframsäure.

47,12	—	94,795	Wolfram
52,88	—	106,389	Chlor
100,00	—	201,184	Wolframchlorid.

Symb. und Aequiv. $WCl_3 = 201{,}184$. Atom. $W\text{Ꞓ}l_3$ (WCl_6).

§. 787. Das Wolframchlorür verwandelt sich beim Erhitzen mit Chlorgas in Chlorid, welches sehr lange, durchsichtige, dunkelrothe Nadeln darstellt, leicht schmelzbar und flüchtig ist, an feuchter Luft augenblicklich in Wolframsäure und Salzsäure zerfällt und durch Wasser unter Zischen und Wärmeentwicklung in diese beiden Säuren verwandelt wird.

Wolframoxychlorid ($WCl_3, 2WO_3$) bildet sich beim Erhitzen des Oxydes in Chlorgas und stellt gelbweiße, der Borsäure ähnliche, leicht verdampfbare Schuppen dar, riecht stechend nach Salzsäure und zer-

fällt beim raschen Erhitzen in Wolframsäure, Chlor und Wolframchlorür, durch Wasser in Wolframsäure und Salzsäure.

Bromwolfram ist im reinen Zustand unbekannt; beim Erhitzen eines Gemenges von Wolframsäure und Kohle mit wenig Brombampf bildet sich W_2O_5, W_2Br_5, bei stärkerem Erhitzen und einer größern Menge Brom aber $WO_3, 2WBr_3$.

Jodwolfram ist unbekannt.

Fluorwolfram bildet sich beim Lösen der Wolframsäure in Fluorwasserstoffsäure als eine milchige Flüssigkeit, die sich in viel Wasser löst und beim Verdunsten einen hellgelben Syrup hinterläßt, der beim stärkeren Erhitzen unter theilweisem Säureverlust zu einer grünlichen, rissigen Masse eintrocknet, welche sich unvollständig in Wasser löst. Bildet mit anderen Fluoriden Fluorsalze, die man aber nur in Verbindung mit wolframsauren Salzen kennt.

Wolfram und Kieszeuger.

Wolframsulphür.

74,76	—	94,795	Wolfram
25,24	—	32,000	Schwefel
100,00	—	126,795	Wolframsulphür.

Symb. und Aequiv. $WS_2 = 126{,}795$.

§. 788. Das Wolframsulphür wird beim Glühen der Wolframsäure mit der sechsfachen Menge Zinnober oder beim Leiten von Schwefeldampf oder Schwefelwasserstoffgas über stark glühende Wolframsäure erhalten und stellt ein weiches, grauschwarzes, unter dem Polirstahl metallglänzend und stahlgrau werdendes Pulver dar; es hinterläßt beim Glühen an der Luft braunes Oxyd, wirkt bei starker Hitze auf Wasserdampf zersetzend und wird durch Königswasser in Wolframsäure und Schwefelsäure verwandelt.

Wolframsulphid.

66,38	—	94,795	Wolfram
33,62	—	48,000	Schwefel
100,00	—	142,795	Wolframsulphid.

Symb. und Aequiv. $WS_3 = 142{,}795$.

§. 789. Das Wolframsulphid wird aus der Lösung der Wolframsäure in Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium oder der mit Schwefelwasserstoffgas gesättigten Lösung des wolframsauren Ammoniaks durch Säuren als ein schwarzer, nach dem Trocknen und Zerreiben brauner Niederschlag abgeschieden, welcher in der Hitze $\frac{1}{3}$ Schwefel abgiebt und in reinen, kohlensauren und geschwefelten Alkalien löslich ist. Es bildet mit den basischen Schwefelmetallen die Wolframsulphid-Schwefelmetalle, Sulpho-Wolframiates, welche theils löslich und dann krystallisirbar, theils unlöslich in Wasser sind.

Selenwolfram und Tellurwolfram sind unbekannt.

Phosphorwolfram ist darstellbar, aber nicht weiter untersucht; Verbindungen des Wolframs mit Arsen und Antimon, so wie mit Bor und Kiesel sind unbekannt.

Die Legirungen des Wolframs sind braun und meist spröde, das Wolframkupfer ist jedoch ziemlich dehnbar, das Wolframblei sehr dehnbar, das Wolframsilber nur wenig streckbar; Gold und Platin lassen sich nicht mit Wolfram vereinigen.

44. Vom Molybdän.

Symb. und Aequiv. Mo = 47,96. Atomengew. (H = 1,0) 95,92 oder (O = 100,0) 598,52. Spec. Gewicht = 8,62. Spec. Wärme = 0,07218.

§. 790. Das Molybdän stellt entweder ein aschgraues, auf dem Strich metallglänzendes, die Elektricität leitendes Pulver, oder ein silberweißes, stark metallglänzendes Metallkorn dar, welches sich in kleinen Theilen breit drücken läßt und hart, spröde und strengflüssig ist.

Die Säure des Molybdäns wurde 1778 von Scheele entdeckt und das Metall selbst zuerst von Hjelm 1782 dargestellt; es findet sich als Säure theils für sich, theils mit Bleioxyd verbunden, ferner geschwefelt und in den beim Verschmelzen des Mansfelder Kupferschiefers sich bildenden Eisensauen, und wird aus seinen Oxyden durch Reduktion mit Wasserstoffgas oder Kohle erhalten.

Molybdän und Sauerstoff.

§. 791. Das Molybdän verliert schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft seinen Glanz und wird beim Erhitzen braun, dann blau und endlich bei gehöriger Temperatur unter Erglimmen und theilweiser Sublimation in Molybdänsäure, MoO_3, verwandelt. Bei nicht zu starker Hitze geht es nur in Molybdänoxyd, MoO_2, über, welches wie die Molybdänsäure durch alle das Wasser zersetzende Metalle bei Gegenwart einer wässerigen Säure zu Molybdänoxydul, MoO, reducirt wird. Das Molybdän zersetzt in der Glühhitze den Wasserdampf und wird durch erhitztes Kalihydrat oder salpetersaures Kali oxydirt und durch die concentrirten Säuren (aber nicht durch Salzsäure und Fluorwasserstoffsäure) gelöst.

Außer den drei bestimmten Oxydationsstufen des Molybdäns giebt es noch ein olivengrünes und blaues intermediäres Oxyd, welches früherhin als eine besondere Oxydationsstufe, molybdänige Säure benannt, betrachtet wurde.

Molybdänoxydul.

86,12	—	47,96	Molybdän
13,88	—	8,00	Sauerstoff
100,00	—	55,96	Molybdänoxydul.

Symb. und Aequiv. $MoO = 55,96$.

§. 792. Das Molybdänoxydul ist schwarz, im Sonnenlicht dunkel messinggelb (und zum Theil von der Krystallform der Molybdänsäure), wird durch Kohle oder Kalium in der Hitze desoxydirt und bildet mit Wasser ein schwarzes Hydrat, welches beim Erhitzen im luftleeren Raum nach der Entfernung des Wassers lebhaft, aber rasch vorübergehend erglüht und an der Luft sich schnell in Molybdänoxydul, beim Erhitzen in Molybdänsäure verwandelt.

Man erhält das Molybdänoxydul durch Zersetzung der salzsauren Molybdänchlorürlösung mit Kaliumamalgam oder durch Einwirkung von Zink auf eine mit Salzsäure übersättigte molybdänsaure Alkalisalzlösung und Fällung der auf die eine oder andere Weise erhaltenen schwarzen Flüssigkeit mit Ammoniak als Hydrat, welches im luftleeren Raume über Schwefelsäure getrocknet und bei Abschluß der Luft geglüht wird, wasserfrei sogleich und krystallinisch durch längere Digestion der geschmolzenen oder sublimirten Molybdänsäure mit Zink und Salzsäure.

§. 793. Das Molybdänoxydul löst sich nur als Hydrat und dann auch schwierig in den Säuren und bildet mit ihnen die Molybdänoxy-

dulsalze, Sales molybdaenosi, welche in fester Form dunkelgrau oder schwarz sind, schwarze oder purpurfarbene, fast undurchsichtige Lösungen geben, rein zusammenziehend, nicht metallisch schmecken und sich an der Luft nur schwierig höher oxydiren. Die Lösungen geben mit reinen und kohlensauren Alkalien einen braunschwarzen, aus Oxydulhydrat bestehenden und in kohlensaurem Ammoniak, sehr wenig in den anderen kohlensauren Alkalien löslichen Niederschlag und werden durch phosphorsaures Natron braunschwarz, durch Schwefelwasserstoff ebenfalls braunschwarz, durch Schwefelammonium gelbbraun (im Ueberschuß löslich), durch Kaliumeisencyanür dunkelbraun (ebenfalls im Ueberschuß löslich) und durch Kaliumeisencyanid rothbraun gefällt. Vor dem Löthrohr erhitzt geben die Molybdänoxydulsalze mit Borax in der äußeren Flamme ein farbloses, in der inneren ein braunrothes Glas und mit Phosphorsalz in der äußeren Flamme eine grüne, beim Erkalten farblose und in der inneren eine schwarze oder dunkelblaue, undurchsichtige, beim Erkalten schön grüne und durchsichtige Perle.

Man erhält die Molybdänoxydulsalze durch Desoxydation des Oxydes mit Säure und Zink oder durch Lösung des Oxydulhydrates in der Säure.

Molybdänoxyd.

74,98	—	47,96	Molybdän
25,02	—	16,00	Sauerstoff
100,00	—	63,96	Molybdänoxyd.

Symb. und Aequiv. $MoO_2 = 63,96$.

§. 794. Das Molybdänoxyd stellt eine dunkelbraune, im Sonnenlicht purpurfarbig glänzende Masse oder krystallinische, dunkel kupferfarbige, metallglänzende Schuppen von 5,666 spec. Gewicht dar, wird in der Hitze durch Kohle oder Kalium desoxydirt, aber nicht durch Chlor verändert, und bildet mit Wasser ein rothbraunes, nach dem Trocknen schwarzbraunes Hydrat, welches sich an der Luft dunkler färbt und glänzend wird, und etwas in Wasser löslich ist.

Man erhält das Molybdänoxyd durch Erhitzen des Metalles oder Oxyduls an der Luft, oder durch Glühen des molybdänsauren Natrons mit Salmiak oder des molybdänsauren Ammoniaks für sich bei Abschluß der Luft, das Hydrat durch Zersetzung des Molybdänchlorids mit Ammoniak, oder durch Digestion der salzsauren Molybdänsäurelösung mit pulverigem Molybdän und Fällung der dunkelrothen Flüssigkeit mit Ammoniak, oder durch Digestion der Molybdänsäure mit Kupfer und Salzsäure und Fällung mit einem großen Ueberschuß von Ammoniak.

§. 795. Das Molybdänoxyd ist ebenfalls nur als Hydrat (das wasserfreie Oxyd löst sich nur wenig in kochender Schwefelsäure oder Weinsteinlösung, langsam in den schmelzenden sauren schwefelsauren Alkalien) in den Säuren löslich und bildet mit ihnen die Molybdänoxydsalze, Sales molybdaenici, welche im wasserfreien Zustand schwarz, im wasserhaltigen roth und mit rothbrauner Farbe in Wasser löslich sind, und herb, etwas säuerlich und hintennach metallisch schmecken. Die wässerigen Lösungen färben sich beim Erwärmen an der Luft durch Oxydation blau, werden durch Zink schwarz gefärbt und als Oxydulhydrat gefällt und geben mit Kali oder Ammoniak einen rostbraunen, nicht in überschüssigem Alkali, wohl aber (bei Ammoniak) in dem unzersetzten Salz löslichen, mit kohlensauren fixen Alkalien denselben, aber im Ueberschuß des Fällungsmittels löslichen Niederschlag; sie werden ferner gefällt durch phosphorsaures Natron braunweiß, durch Schwefelwasserstoff nach einiger Zeit braun, durch Schwefelammonium

gelbbraun (im Ueberschuß löslich) und durch Kaliumeisencyanür oder Cyanid rothbraun und gefärbt durch Galläpfeltinktur tief rothbraun. Gegen Borax und Phosphorsalz vor dem Löthrohr verhalten sich die Molybdänoxydulsalze wie die Oxydulsalze. Die unlöslichen Oxydsalze werden durch wässerige Alkalien an der Luft unter Bildung von molybdänsaurem Alkali zersetzt.

Man erhält die Molybdänoxydsalze durch Lösen des Hydrats in der Säure oder durch Einwirkung von verdünnter Säure und etwas Salpetersäure auf überschüssiges Molybdän, oder durch Digestion der Molybdänsäure mit überschüssigem Molybdän und der betreffenden Säure, bis diese rothbraun gefärbt ist.

Molybdänsäure.

66,65	—	47,96	Molybdän
33,35	—	24,00	Sauerstoff
100,00	—	71,96	Molybdänsäure.

Symb. und Aequiv. $MoO_3 = 71{,}96$.

§. 796. Die Molybdänsäure findet sich natürlich als sog. **Molybdänocher** in erdigen, citronengelben, sehr weichen Massen oder als Anflug, und stellt künstlich bereitet eine weiße, leichte, poröse, in Wasser zu feinen, seidenglänzenden Krystallen zerfallende oder nach dem Schmelzen eine graulich- oder gelblich-weiße, strahlige Masse oder farblose, durchsichtige, glänzende Blätter und Nadeln von 3,46 spec. Gewicht dar, färbt sich beim jedesmaligen Erhitzen citronengelb, schmilzt beim Rothglühen zu einer braungelben Flüssigkeit, verdampft dabei an der Luft als weißer Rauch, schmeckt scharf metallisch, röthet Lakmus und löst sich in geringer Menge in kaltem, aber weniger in heißem Wasser. Die Molybdänsäure wird in der Hitze durch Wasserstoff, Kohle oder Kalium, so wie auch durch einen starken galvanischen Strom vollständig desoxydirt, durch Glühen mit Ammoniak oder Digestion mit Molybdän oder Kupfer und Salzsäure in Oxyd, durch Digestion mit Kaliumamalgam oder den das Wasser zersetzenden Metallen in Oxydul und durch Stickstoffoxydgas bei Gegenwart von Wasser unter Bildung salpetriger Säure, durch kochende Salzsäure unter Entwicklung von Chlor, durch Jodwasserstoff unter Abscheidung von Jod, durch schwefelige Säure unter Bildung von Schwefelsäure und durch wenig Schwefelwasserstoff unter Bildung von Wasser in blaues Oxyd verwandelt und zersetzt sich mit viel Schwefelwasserstoff in Schwefelmolybdän und Wasser.

Man erhält die Molybdänsäure durch Behandlung des Metalles oder der niedrigeren Oxydationsstufen oder des Schwefelmolybdäns mit Salpetersäure, oder durch Rösten des Schwefelmolybdäns oder durch gelindes Glühen des molybdänsauren Ammoniaks an der Luft.

§. 797. Die Molybdänsäure bildet mit den basischen Oxyden die **molybdänsauren Salze**, Molybdaenates, welche vorzüglich auf 1 Aequiv. Basis 1 oder 2 Aequiv. Säure enthalten. Die Salze sind meist farblos oder gelb, schmecken im löslichen Zustand schwach metallisch und sind mit Ausnahme des Ammoniaksalzes feuerbeständig; die Alkalisalze lösen sich leicht, die übrigen schwierig oder gar nicht in Wasser und lassen auf Zusatz von wenig Salpetersäure, Salzsäure oder Schwefelsäure Molybdänsäure in weißen, käsigen Flocken fallen, die sich in einem geringen Ueberschuß der Säure oder in vielem Wasser wieder lösen; beim Erhitzen mit Schwefelsäure färben sie sich blau und die Alkalisalze geben beim Glühen mit Salmiak Molybdänoxyd und Chloralkalimetall. Die Lösungen der Alkalisalze werden durch Schwefelwasserstoff erst gelb gefärbt und dann bei Zusatz von Säuren braun

gefällt und geben mit den Salzen der erdigen Alkalien und Erden, des Bleioxydes und Silberoxydes einen weißen, mit Eisenoxydsalzen einen gelben, mit Quecksilberoxydulsalzen einen gelbweißen, und mit Galläpfeltinktur einen rothgelben, durch Säuren grün werdenden Niederschlag. Die molybdänsauren Salze geben vor dem Löthrohr mit Soda auf der Kohle in der inneren Flamme Molybdän oder eine Legirung desselben, mit Borax oder Phosphorsalz in der inneren Flamme braune Gläser.

Man erhält die molybdänsauren Alkalien durch Sättigung der Säure mit dem reinen oder kohlensauren Alkali, die übrigen durch doppelte Affinität. Molybdänsaures Kali krystallisirt in luftbeständigen, glänzenden, leicht schmelzbaren Spießen und Tafeln. Molybdänsaures Natron stellt große, leicht verwitternde Krystalle dar. Molybdänsaures Ammoniak (H_4NO, MoO_3) krystallisirt in büschelförmig vereinigten rectangulären Säulen und hinterläßt beim Glühen Oxyd, bei Zutritt der Luft reine Säure. Molybdänsaures Bleioxyd findet sich natürlich als Gelbbleierz (PbO, MoO_3) in gelben, durchscheinenden, fettglänzenden Quadratoktaëdern und derben Massen von 6,76 spec. Gewicht.

§. 798. Die Molybdänsäure löst sich im ungeglühten Zustand in mehreren wässerigen Säuren, nach dem Glühen nur in kochender Weinsteinlösung etwas zu farblosen, gelben oder bräunlichen Flüssigkeiten, die durch Schwefel erst blau gefärbt, durch mehr schwarzbraun gefällt, durch Zink oder Zinn erst blau, dann grün und endlich unter Abscheidung von Molybdänoxydul schwarz, durch Kupfer dunkelroth gefärbt und durch Zinnchlorür grünblau gefällt werden und mit Kaliumeisencyanür einen dicken rothbraunen, mit Kaliumeisencyanid einen etwas helleren (beide sind in Ammoniak und ersterer auch im Fällungsmittel löslich) und mit Galläpfeltinktur einen grünen Niederschlag geben.

Schwefelsaure Molybdänsäure ($MoO_3, 3\,SO_3, 2$ Aq.) wird durch Zersetzung des molybdänsauren Barytes mit Schwefelsäure und Verdunsten des Filtrates in Krystallen erhalten, während die Lösung der Molybdänsäure in verdünnter Schwefelsäure beim Verdunsten nicht krystallisirt. Phosphorsaure Molybdänsäure ist in Wasser und Weingeist löslich. Borsaure Molybdänsäure ist klebrig wie Terpentin und zerfällt durch Weingeist.

Molybdän und Salzzeuger.

Molybdänchlorür, chlorwasserstoffsaures Molybdänoxydul.

57,49	—	47,960	Molybdän
42,51	—	35,463	Chlor
100,00	—	83,423	Molybdänchlorür.

Symb. und Aequiv. $MoCl = 83{,}423$. Atom. $Mo\,Cl$ ($MoCl_2$).

§. 799. Das Molybdänchlorür bildet sich bei der Einwirkung von Molybdänchloriddampf auf Molybdän und stellt eine dunkelrothe, in Wasser und Salzsäure fast gänzlich unlösliche Masse dar, welche durch Kalilauge in Molybdänoxydul und Chlorkalium zersetzt wird und beim Glühen unter schwachem Luftzutritt als eine dunkelrothe, verworrene krystallinische Masse flüchtig ist, die sich ebenfalls nicht in Wasser löst und durch Kalilauge zersetzt wird, während beim Glühen im luftleeren Raum ein dunkelgrünes Sublimat von derselben Zusammensetzung erhalten wird, aber in Wasser löslich.

Molybdänoxychlorür bleibt nach dem Verdunsten der salzsauren

Lösung des Molybdänoxyduls und Austrocknen im luftleeren Raum beim Lösen des Rückstandes in Wasser als eine schwarze pulverige Verbindung zurück.

Molybdänchlorid, chlorwasserstoffsaures Molybdänoxyd.

40,26	— 47,960	Molybdän
59,74	— 70,926	Chlor
100,00	— 118,886	Molybdänchlorid.

Symb. und Aequiv. $MoCl_2 = 118{,}886$. Atom. $Mo\,Cl_2$ ($MoCl_4$).

§. 800. Erhitztes Molybdän entzündet sich in Chlorgas unter Bildung eines rothen Dampfes, der sich zu metallglänzenden, schwarzgrauen Krystallen von Molybdänchlorid verdichtet. Dieses ist sehr leicht schmelzbar, gesteht beim Erkalten krystallinisch, ist bei gelinder Erhitzung flüchtig, raucht an der Luft, ist sehr zerfließlich, löst sich in heftiger Wärmeentwicklung in Wasser zu einer — bei mehr oder weniger Wasser — gelben, rostfarbenen, tief dunkelrothen, grüngelben, blaugrünen oder schwarzen Flüssigkeit (welche auch durch Lösung des Molybdänoxydes in reiner, oder des Metalles in salpetersäurehaltiger Salzsäure erhalten wird) und verwandelt sich an der Luft nach und nach in die folgende Verbindung.

Eine der Molybdänsäure entsprechende Chlorverbindung des Molybdäns ist in reinem Zustand noch unbekannt; ein Molybdänoxysuperchlorid (MoO_3, $2\,MoCl_3$) bildet sich bei der Einwirkung von Chlorgas auf erwärmtes Molybdänoxyd oder beim Erhitzen eines eingedampften Gemisches von Molybdänsäure, Schwefelsäure und schwefelsaurem Kali mit Kochsalz und stellt gelbweiße, zarte, unter der Glühhitze flüchtige, scharf, herb, bitter und säuerlich schmeckende, sehr leicht in Wasser und auch in Weingeist lösliche Krystallschuppen dar.

Brommolybdän ist unbekannt.

Molybdäniodür, MoI, wird im wässerigen Zustand durch Lösen des Molybdänoxyduls in Jodwasserstoff erhalten und verhält sich wie das Chlorür. Molybdäniodid, MoI_2, durch Lösen des Oxydes in Jodwasserstoff erhalten, ist nach dem freiwilligen Verdunsten krystallinisch, mit rother Farbe in Wasser löslich und zerfällt beim Erhitzen in Jodwasserstoff und Oxyd.

Molybdänfluorür, MoF, durch Lösen des Oxyduls in Fluorwasserstoffsäure erhalten, stellt nach dem Eintrocknen einen purpurrothen Firniß dar, der sich mit purpurrother Farbe in Wasser löst und bei stärkerer Erhitzung unter Zersetzung braun wird. Molybdänfluorid, MoF_2, ist schwarz, krystallinisch und mit rother Farbe in Wasser löslich. Molybdänsuperfluorid, MoF_3, durch Lösen der Molybdänsäure in Fluorwasserstoffsäure erhalten, ist nach dem Verdunsten ein gelblicher Syrup und hinterläßt nach stärkerem Erhitzen ein Oxysuperfluorid; es verbindet sich mit basischen Fluormetallen.

Molybdän und Kieszeuger.

Molybdänsulphür, Zweifach-Schwefelmolybdän.

59,98	— 47,96	Molybdän
40,02	— 32,00	Schwefel
100,00	— 79,96	Molybdänsulphür.

Symb. und Aequiv. $MoS_2 = 79{,}96$.

§. 801. Das Molybdänsulphür findet sich natürlich als Molybdänglanz oder Wasserblei in weichen, milde und fettig anzufühlenden, blei-

grauen, metallglänzenden, auf Porcellan grünlich abfärbenden, sechsseitigen Prismen, häufiger aber in derben Massen von 4,5 bis 4,6 spec. Gewicht, und wird künstlich durch Erhitzen der höheren Schwefelungsstufen des Molybdäns als ein schwarzes, glänzendes Pulver erhalten; es ist unschmelzbar und feuerbeständig, wird durch Erhitzen an der Luft in Molybdänsäure verwandelt, aber nicht durch Wasserstoffgas verändert, wirkt in der Glühhitze nur wenig zersetzend auf Wasserdampf, und wird durch Salpetersäure oder Königswasser leicht, durch Schwefelsäure aber erst bei deren Siedhitze oxydirt.

Molybdänsulphid, Dreifach-Schwefelmolybdän.

49,98	—	47,96	Molybdän
50,02	—	48,00	Schwefel
100,00	—	95,96	Molybdänsulphid.

Symb. und Aequiv. $MoS_3 = 95,96$.

§. 802. Das Molybdänsulphid bildet sich bei der Zersetzung der Molybdänsäure durch Schwefelwasserstoff und ist im feuchten Zustand rothbraun, trocken schwarzbraun, verliert beim Erhitzen 1/3 Schwefel, oxydirt sich im feuchten Zustand etwas zu Schwefelsäure, löst sich wenig in Wasser, schwierig in Kalilauge und bildet mit basischen Schwefelmetallen die Molybdänsulphid-Schwefelmetalle oder molybdänschwefeligen Salze, Sulphomolybdaenales, welche zum Theil in Wasser löslich, krystallisirbar und dann öfters bei auffallendem Lichte grün, bei durchfallendem roth, zum Theil aber unlöslich und dann roth sind, in der Glühhitze zersetzt werden, beim Kochen der wässerigen Lösung unter Abschluß der Luft in Molybdänsulphür und molybdänüberschwefeliges Salz übergehen, in Berührung mit Säuren unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff Molybdänsulphid abscheiden und in Berührung mit leicht desoxydirbaren Oxyden molybdänsaures Alkali und ein neues Schwefelmetall bilden.

Man erhält die löslichen molybdänschwefeligen Salze durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in ein molybdänsaures Alkali oder durch Lösen des Molybdänsulphides in einem Schwefelalkalimetall, die unlöslichen durch Fällung einer löslichen Verbindung mit einem Erd- oder schweren Metallsalze.

Molybdänsupersulphid, Vierfach-Schwefelmolybdän.

42,84	—	47,96	Molybdän
57,16	—	64,00	Schwefel
100,00	—	111,96	Molybdänsupersulphid.

Symb. und Aequiv. $MoS_4 = 111,96$.

§. 803. Das Molybdänsupersulphid ist im frisch gefällten Zustand voluminös, durchscheinend und dunkelroth, nach dem Trocknen sehr zusammengeschrumpft, grobkörnig, grau und metallglänzend, entläßt in der Hitze die Hälfte Schwefel, wird nicht durch kochendes Wasser oder Säuren zersetzt und bildet mit basischen Schwefelmetallen die Molybdänsupersulphid-Schwefelmetalle oder molybdänüberschwefeligen Salze, Supersulphomolybdaenales, die meist pulverig, selten krystallinisch, roth und rothgelb und, mit Ausnahme der Alkaliverbindungen, in Wasser unlöslich und sämmtlich in der Hitze, sowie die löslichen unter Abscheidung von Molybdänsupersulphid durch Säuren zersetzt werden.

Man erhält das Molybdänsupersulphid durch Sättigen des sauren molybdänsauren Kalis mit Schwefelwasserstoff und mehrstündiges Kochen der Flüssigkeit (welche das Kaliumschwefelsalz und eine Verbindung von

Schwefelkalium mit überschüssigem Molybdänsulphid enthält) in einer Retorte, Abschlämmen des schwarzen Pulvers von dem krystallinischen Kaliumschwefelsalz, Auswaschen des letzteren und Lösen desselben in kochendem Wasser und Fällung der Lösung mit überschüssiger Salzsäure; die molybdänüberschwefeligen Salze werden auf die angegebene Weise oder durch Kochen des Molybdänsulphids mit concentrirter Kalilauge und Ausziehen des Niederschlages mit kochendem Wasser, die übrigen durch doppelte Affinität erhalten.

Selenmolybdän und Tellurmolybdän sind unbekannt.

Phosphormolybdän ist darstellbar, aber noch nicht näher untersucht. Arsenmolybdän und Antimonmolybdän sind unbekannt.

Bor und Kiesel sind nicht mit Molybdän verbindbar.

Das Molybdän ist bis jetzt nur mit wenigen Metallen, namentlich mit Mangan, Eisen, Nickel, Kupfer, Blei, Gold, Platin und Zinn verbunden worden; diese Legirungen sind weiß, spröde und strengflüssig.

45. Vom Vanadium.

Symb. und Aequiv. V = 68,578. Atomengew. (H = 1,0) 137,157 oder (O = 100,0) 855,846. Spec. Gewicht und Wärme?

§. 804. Das Vanadium ist stark glänzend, fast silberweiß oder röthlichweiß, spröde, leicht pulverisirbar, nicht schmelzbar, ein guter Leiter der Elektricität und nicht magnetisch, oder stellt ein schwarzes, schweres, im Sonnenlicht flimmerndes und bei starkem Druck Metallglanz und das Ansehen des Graphits erhaltendes Pulver dar.

Das Vanadium wurde bereits im Jahr 1801 von Del Rio in dem Rothbleierz von Zimaran entdeckt und als Erythronium beschrieben, später aber von Descotils und selbst von Del Rio für Chrom erklärt, bis nach der im Jahr 1830 von Sefström gemachten Entdeckung eines neuen Metalles in einer Sorte Stabeisen Wöhler darthat, daß letzteres, das sog. Vanadium, einen Bestandtheil des obengenannten Bleierzes ausmacht. Es findet sich in einigen Eisenerzen und oxydirt mit Bleioxyd und Kupferoxyd verbunden, und wird durch Erhitzung der Vanadsäure mit Kohle oder Kalium oder durch Zersetzung des Vanadchloridammoniaks mit Ammoniakgas in der Hitze erhalten.

Vanadium und Sauerstoff.

§. 805. Das Vanadium ist bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unveränderlich, verbrennt aber schon beim anfangenden Glühen unter schwacher Feuerentwicklung zu Vanadiumoxyd, VO_2, beim längeren Glühen zu Vanadiumsäure, VO_3, welche durch Wasserstoff in der Rothglühhitze zu Vanadiumsuboxyd, VO, desoxydirt wird. Das Metall löst sich in Salpetersäure oder Königswasser mit blauer Farbe, aber nicht in Salzsäure, Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure, und läßt sich nicht durch Glühen mit Alkalihydraten oxydiren.

Das Vanadoxyd bildet mit der Vanadsäure mehrere intermediäre Verbindungen. Purpurfarbiges Vanadoxyd bildet sich bei der Einwirkung der Luft auf Vanadoxydhydrat und ist mit Purpurfarbe in Wasser löslich; durch Einwirkung der Luft auf diese Lösung bildet sich grünes Vanadoxyd (V_5O_8 oder VO_2, $2\,VO_3$), welches durch weitere Oxydation in pomeranzengelbes Vanadoxyd übergeht, das beim Verdunsten in pomeranzengelben Krystallen anschießt und

in der 22fachen Menge Wasser löslich ist. **Gelbgrünes Vanadoxyd** (V_5O_{14} oder VO_2, $4\ VO_3$) wird aus einer concentrirten Vanadoxydlösung durch saures vanadsaures Alkali niedergeschlagen und ist schwierig in Wasser löslich.

Vanadsuboxyd.

89,55	68,578	Vanadium
10,45	8,000	Sauerstoff
100,00	76,578	Vanadsuboxyd.

Symb. und Aequiv. $VO = 76{,}578$.

§. 806. Das Vanadoxydul stellt eine schwarze, in Farbe und Glanz dem Graphit ähnliche, unschmelzbare Masse dar, leitet gut die Elektricität, verglimmt beim Erhitzen an der Luft, zerfällt durch Chlorgas in Vanadchlorid und Vanadsäure und löst sich bei Ausschluß der Luft weder in Säuren (mit Ausnahme der Salpetersäure), noch in Alkalien.

Man erhält das Vanadsuboxyd durch Leiten von Wasserstoffgas über glühende Vanadsäure oder beim Schmelzen derselben im Kohlentiegel.

Vanadoxyd, vanadige Säure.

89,08	68,578	Vanadium
10,92	16,000	Sauerstoff
100,00	84,578	Vanadoxyd.

Symb. und Aequiv. $VO_2 = 84{,}578$.

§. 807. Das Vanadoxyd ist schwarz und erdig oder zusammengebacken, beim Weichwerden des Glases noch unschmelzbar und neutral und bildet mit Wasser ein graues Hydrat, welches ebenfalls neutral ist, beim Erhitzen in schwarzes Oxyd und Wasser zerfällt und sich im feuchten Zustand an der Luft höher oxydirt.

Man erhält das Vanadoxyd durch Erhitzen eines Gemenges aus gleichen Aequiv. Vanadsuboxyd und Vanadsäure in einem Strom von Kohlensäuregas bis zum Weißglühen oder durch Erhitzen seines Hydrates, dieses aber durch Fällung eines Vanadoxydsalzes mit etwas überschüssigem kohlensaurem Natron und Auswaschen und Trocknen des Niederschlages bei Abschluß der Luft.

§. 808. Das Vanadoxyd und sein Hydrat lösen sich, wenn auch ersteres nur langsam, in den Säuren und bildet mit ihnen die **Vanadoxydsalze**, Sales vanadici, die im trocknen Zustand braun oder grün, im wasserhaltigen blau, und meist in Wasser löslich sind und süßlich-herb wie die Eisenoxydulsalze schmecken. Die Lösungen färben sich an der Luft häufig durch höhere Oxydation grün und werden gefällt: durch überschüssiges Ammoniak braun als vanadigsaures Ammoniak, welches sich in reinem Wasser löst; durch ätzende oder kohlensaure Alkalien als grauweißes Hydrat, das sich in überschüssigem Alkali als vanadigsaures Alkali löst, aber als solches durch mehr Alkali wieder gefällt wird; durch doppelt-kohlensaure Alkalien ebenfalls als grauweißes, in überschüssigem Fällungsmittel mit blauer Farbe lösliches Hydrat; durch Schwefelammonium als schwarzbraunes, im Ueberschusse mit tiefer Purpurfarbe lösliches Vanadsulphür; durch Kaliumeisencyanür gelb, an der Luft grün werdend und nicht in Säuren löslich; durch Kaliumeisencyanid gallertartig gelbgrün, und durch Galläpfeltinktur blauschwarz, der Tinte ähnlich, nach längerem Stehen in schwarzen Flocken.

Man erhält die Vanadoxydsalze durch Lösen des Oxyds in den Säuren und nur wenige durch doppelte Affinität. **Schwefelsaures Vanadoxyd** (VO_2, $2\ SO_3$, $4\ Aq.$) krystallisirt in geraden rhombischen

Säulen von der Farbe des Kupfervitriols. Phosphorsaures Vanadoxyd schießt in kleinen, blauen, sehr zerfließlichen Krystallen an.

§. 809. Das Vanadoxyd verbindet sich auch mit basischen Oxyden und bildet mit ihnen die vanadigsauren Salze, Vanadüles, die dunkelbraun oder schwarz und die der Alkalien in Wasser löslich sind; sie werden im feuchten oder gelösten Zustand an der Luft zu vanadsauren Salzen oxydirt. Die Lösung der Alkalisalze wird durch Säuren unter Bildung eines Doppelsalzes blau, durch Schwefelwasserstoff unter Bildung von Vanadsulphür purpurroth und durch Galläpfeltinktur schwarzblau gefärbt.

Man erhält die vanadigsauren Alkalien durch Lösen des Oxydes in alkalischen Laugen, die übrigen Salze aber, da sie in Wasser unlöslich sind, durch doppelte Affinität.

Vanadsäure.

74,08 — 68,578	Vanadium
25,92 — 24,000	Sauerstoff
100,00 — 92,578	Vanadsäure.

Symb. und Aequiv. $VO_3 = 92{,}578$.

§. 810. Die Vanadsäure ist ziegelroth, pulverig und schmelzbar, erstarrt beim Abkühlen zu einer stark glänzenden, gelbrothen, an den Kanten mit gelber Farbe durchscheinenden, aus Krystallnadeln bestehenden und mit Krystallhöhlungen versehenen Masse, ist nicht flüchtig, leitet nicht die Elektricität, röthet feuchtes Lakmuspapier, löst sich sehr wenig in Wasser und wird durch Wasserstoffgas in der Glühhitze zu Suboxyd, durch Kohle theils zu diesem, theils zu Metall, durch Kalium zu Metall und in der wässerigen Lösung durch salpetrige Säure, Untersalpetersäure, Salzsäure, phosphorige Säure, schwefelige Säure, Schwefelwasserstoff, die Oxydulsalze mehrerer schwerer Metalle, Oxalsäure, Weinsteinsäure, Citronensäure, Zucker und Weingeist zu Oxyd desoxydirt und durch Schwefelammonium rothbraun gefärbt.

Man erhält die Vanadsäure durch nicht bis zum Glühen gesteigertes Erhitzen des vanadsauren Ammoniaks in einem offenen Tiegel, dieses aber aus den vanadhaltigen Schlacken durch Schmelzen derselben mit Salpeter und kohlensaurem Alkali, Ausziehen der gepulverten Masse mit Wasser, Neutralisiren des Filtrats mit Salpetersäure, Fällung der Flüssigkeit mit einem Baryt- oder Bleisalz, Digestion des Niederschlags mit Schwefelsäure oder Salzsäure, Erhitzen der abfiltrirten Flüssigkeit mit Weingeist, Verdunsten der blauen Lösung zur Syrupsdicke und, wenn Salzsäure angewendet wurde, Lösen in Wasser, Vermischen mit Salpetersäure, Sättigen mit kohlensaurem Alkali, Verdampfen, Glühen des Rückstandes bis zum völligen Fluß und Lösen in möglichst wenig Wasser, oder wenn Schwefelsäure angewendet wurde, Vermischen mit etwas Fluorwasserstoffsäure, Glühen bis zur Entfernung der Schwefelsäure, Zusatz von Salpeter, bis eine Probe nach dem Erkalten nicht mehr roth erscheint, und Lösen in Wasser, worauf aus der einen oder andern Lösung durch Einlegen von einem Stück Salmiak vanadsaures Ammoniak abgeschieden und durch Umkrystallisiren gereinigt wird.

§. 811. Die Vanadsäure bildet mit den basischen Oxyden die vanadsauren Salze, Vanadiates, die roth oder gelb, aber auch zum Theil als isomere Modifikationen farblos sind, meist in der Glühhitze nicht zersetzt werden und meist leicht in Wasser, wenn dieses kein Alkali, Salmiak oder ein

anderes Salz enthält, aber in Weingeist gar nicht löslich sind. Die wässerigen Lösungen werden durch Säuren roth gefärbt und durch die Salze des Antimonoxydes, Bleioxydes, Kupferoxydes und Quecksilberoxydes pomeranzengelb gefällt und geben mit Galläpfeltinktur ein tintenschwarzes Gemische. Die Vanadsäure giebt vor dem Löthrohr mit Borax oder Phosphorsalz ein braunes, beim Erkalten grün werdendes Glas.

Man erhält die vanadsauren Salze durch Lösen der Säure in der Basis oder durch doppelte Affinität. Vanadsaures Kali ($KO, 2VO_3, 3Aq.$) krystallisirt in pomeranzengelben Blättern und wird durch wenig heißes Wasser in eine basischere, mehr lösliche und eine übersaure unlösliche Verbindung zerlegt, durch viel heißes Wasser aber vollständig gelöst. Vanadsaures Ammoniak (H_4NO, VO_3) stellt entweder eine farblose, durchscheinende, krystallinisch-körnige Rinde oder undeutliche citronengelbe Krystalle dar; das saure Salz schießt in morgenrothen, durchsichtigen Krystallen an. Aus basisch-vanadsaurem Kupferoxyd scheint der Volborthit zu bestehen, der in büschelförmig vereinigten, olivenfarbigen Nadeln von 3,55 spec. Gewicht vorkommt. Vanadsaures Bleioxyd findet sich mit Chlorblei als Vanadit ($4PbO, VO_3, PbCl$) in braunen, stark glänzenden, regelmäßig sechsseitigen Säulen von ohngefähr 7,0 spec. Gewicht.

§. 812. Die Vanadsäure löst sich auch in stärkeren Säuren zu gelben oder rothen Flüssigkeiten, die beim Verdunsten zum Theil krystallisirte salzartige Verbindungen hinterlassen. Die wässerigen Lösungen haben einen stark zusammenziehenden, hintennach säuerlichen Geschmack, färben sich an der Luft allmählig grün und werden durch Schwefelwasserstoff und andere §. 810 angeführte Substanzen unter Bildung von Vanadiumoxydsalzen blau und durch Schwefelammonium als braunes, im Ueberschuß mit rothbrauner Farbe lösliches Vanadsulphid, durch Kaliumeisencyanür schön grün und durch Galläpfeltinktur nach einiger Zeit schwarzblau gefällt.

Schwefelsaure Vanadsäure bildet als doppelt-saure Verbindung ($VO_3, 2SO_3$) eine rothe, zerfließliche Salzmasse, als dreifach-saure ($VO_3, 3SO_3$) kleine rothbraune Krystallschuppen, die beim Kochen mit Wasser eine basischere Verbindung (VO_3, SO_3) fallen lassen. Phosphorsaure Vanadsäure (VO_3, PO_5) entsteht beim Erhitzen des phosphorsauren Vanadoxydes mit Salpetersäure und ist citronengelb, körnig-krystallinisch und langsam in Wasser löslich; sie bildet mit Kieselsäure eine Doppelverbindung ($2VO_3, PO_5 + 2SiO_3, PO_5 + 6Aq.$), die in citronengelben, perlglänzenden Schuppen krystallisirt und leicht in Wasser löslich ist.

Vanadium und Salzzeuger.

Vanadchlorid.

39,19 —	68,578	Vanadium
60,81 —	106,389	Chlor
100,00 —	174,967	Vanadchlorid.

Symb. und Aequiv. $VCl_3 = 174,967$. Atom. $V\text{Cl}_3$ (VCl_6).

§. 813. Das Vanadium verbrennt beim Rothglühen in Chlorgas mit einem grüngelben Dampf, der sich zu flüssigem Vanadchlorid verdichtet, welches auch durch Leiten von Chlorgas über ein glühendes Gemenge von Vanadsuboxyd und Kohle erhalten wird, eine hellgelbe Flüssigkeit darstellt, über 100° kocht, nicht durch Kochen mit Kalium, aber als Dampf durch das erhitzte Metall zersetzt wird, an der Luft unter Leitung von Vanad-

säure und Salzsäure (bedingt durch die Feuchtigkeit der Luft) einen gelben Dampf verbreitet, in viel Wasser unter Freiwerden von Chlor und Bildung von Chlorür löslich ist und mit Weingeist anfangs ein klares rothes Gemische giebt, das sich aber schnell unter Bildung von Salznaphtha und Chlorür erst grün und dann blau färbt.

Vanadchlorür, VCl_2, ist in der blauen Lösung des Vanadchlorides in Wasser oder der Vanadsäure in erhitzter Salzsäure und in der dunkelbraunen Lösung des Vanadoxydes in concentrirter Salzsäure enthalten; die blaue Lösung hinterläßt beim Verdunsten einen blauen Syrup, die braune eine schwarze, nicht zähe Flüssigkeit, die beim Verdunsten in der Wärme allmählig blau wird.

Vanadbromür, VBr_2, ist in der blauen Lösung des Vanadoxydes in Bromwasserstoff enthalten; diese wird durch Verdunsten grün, beim Trocknen im luftleeren Raum blau und gummiartig, beim gelinden Erhitzen violettbraun.

Vanadiodür, VI_2, ist in der blauen Lösung des Vanadoxydes in Jodwasserstoff enthalten; sie färbt sich an der Luft bald grün, und hinterläßt beim freiwilligen Verdunsten eine braune, halbflüssige Masse.

Vanadfluorür, VF_2, auf gleiche Weise erhalten, giebt beim Verdunsten grüne Krystalle, die sich in Weingeist mit grünlicher Farbe lösen; es verbindet sich mit den Fluoralkalimetallen.

Vanadfluorid, VF_3, wird durch Lösen der Vanadsäure in Fluorwasserstoffsäure erhalten und hinterbleibt beim Verdunsten als eine farblose, völlig in Wasser lösliche Salzmasse, die beim stärkeren Erhitzen roth wird, aber löslich bleibt, und in noch stärkerer Hitze reine Vanadsäure hinterläßt.

Vanadium und Kieszeuger.

Vanadsulphür, Zweifach-Schwefelvanadium.

68,18	—	68,578 Vanadium
31,82	—	32,000 Schwefel
100,00	—	100,578 Vanadsulphür.

Symb. und Aequiv. $VS_2 = 100,578$.

§. 814. Das Vanadsulphür ist schwarz, zusammengebacken, nach dem Druck glänzend, jedoch nicht metallisch, und von braunem Pulver, verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu schwefeliger Säure und Vanadsäure, ist nicht durch Salzsäure oder Schwefelsäure veränderlich und wird durch Salpetersäure oder Königswasser in schwefelsaures Vanadoxyd verwandelt; es verbindet sich mit basischen Schwefelmetallen zu Vanadsulphür-Schwefelmetallen oder vanadschwefeligen Salzen, Sulphovanadiites, die im trocknen Zustand schwarz sind und von denen die Alkaliverbindungen sich mit schöner Purpurfarbe in Wasser lösen.

Man erhält das Vanadsulphür durch Erhitzen des Vanadsuboxydes in einem Strome von Schwefelwasserstoffgas, oder durch Vermischen eines Vanadoxydsalzes mit Schwefelalkalimetalllösung bis zur vollständigen Lösung des zuerst gebildeten Niederschlages und Fällung der Flüssigkeit durch Salzsäure oder Schwefelsäure, die vanadigschwefeligen Salze durch Sättigen eines vanadigsauren Alkalis mit Schwefelwasserstoff, oder durch Lösen des Vanadoxydhydrates in einem Schwefelwasserstoff-Schwefelalkalimetall, oder durch Vermischen eines Vanadoxydsalzes mit einem Schwefelwasserstoff-Schwefelalkalimetall, die übrigen durch doppelte Affinität.

Vanadsulphid, Dreifach-Schwefelvanadium.

58,82 —	68,578	Vanadium
41,18 —	48,000	Schwefel
100,00 —	116,578	Vanadsulphid.

Symb. und Aequiv. $VS_3 = 116,578$.

§. 815. Das Vanadsulphid wird aus der Lösung der Vanadsäure in Schwefelammonium oder aus der mit Schwefelwasserstoff gesättigten Lösung eines vanadsauren Alkalis durch Schwefelsäure oder Salzsäure als ein hellbrauner Niederschlag abgeschieden, ist nach dem Trocknen fast schwarz, entläßt in der Hitze $^1/_3$ Schwefel, ist in reinen kohlensauren und geschwefelten Alkalien mit rothbrauner Farbe löslich und bildet mit den basischen Schwefelmetallen die Vanadsulphid-Schwefelmetalle oder vanadüberschwefeligen Salze, Sulphovanadiates; diese sind im trocknen Zustand schwarzbraun und lösen sich, mit Ausnahme der Verbindungen mit Alkali- und Erdalkalimetallen, nicht in Wasser; die Lösungen geben mit Säuren einen braunen, aus Vanadsulphid bestehenden und mit Weingeist einen dunkelrothen krystallinischen Niederschlag.

Man erhält die vanadunterschwefeligen Salze durch Sättigen der vanadsauren Alkalien mit Schwefelwasserstoff oder durch Vermischen derselben mit Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium, oder durch Lösen der Vanadsäure in Schwefelalkalimetall oder des Vanadsulphides in reinen, kohlensauren oder geschwefelten Alkalien, die übrigen durch doppelte Affinität.

Selen- und Tellurvanadium sind unbekannt.

Phosphorvanadium, durch Weißglühen des phosphorsauren Vanadoxydes mit Zucker oder im Kohlentiegel darzustellen, ist grau und porös, läßt sich zusammendrücken und nimmt dabei die Farbe und den Glanz des Graphites an. Arsen- und Antimonvanadium sind unbekannt.

Bor und Kiesel lassen sich nicht mit Vanadium verbinden.

Die Legirungen des Vanadiums, erhalten durch Glühen der vanadsauren schweren Metalloxyde vor dem Löthrohr auf der Kohle, sind spröde.

46. Vom Chrom.

Symb. und Aequiv. Cr = 26,271. Atomengew. (H = 1,0) 54,542 oder (O = 100,0) 328,30. Spec. Gewicht = 5,9. Spec. Wärme?

§. 816. Das Chrom stellt entweder eine zinnweiße bis weißgraue, sehr spröde, bei geringem Schlag zerspringende, metallische Masse oder ein dunkelbraunes Pulver dar und ist schwieriger schmelzbar als Mangan und nicht flüchtig.

Das Chrom wurde 1797 von Vauquelin entdeckt und findet sich oxydirt theils für sich als Chromocker, theils mit Eisenoxydul im Chromeisenstein, und als Säure mit Bleioxyd verbunden, und in geringer Menge im Meteoreisen und als färbendes Princip in verschiedenen Mineralien; es wird durch Reduktion des Oxydes mit Kohle in der heftigsten Hitze oder durch Zersetzung des Chromchlorides mit Kalium erhalten.

Chrom und Sauerstoff.

§. 817. Das Chrom hält sich bei gewöhnlicher Temperatur an feuchter Luft unveränderlich, bedeckt sich aber beim Erhitzen mit Chromoxyd, Cr_2O_3, welches durch Glühen mit Kalihydrat an der Luft oder mit Sal-

peter, chlorsaurem Kali oder Bleisuperoxyd in Chromsäure, CrO_3, übergeht Das Metall zersetzt im glühenden Zustand den Wasserdampf und wird langsam von Salpetersäure oder Königswasser und unter Entwicklung von Wasserstoffgas von Salzsäure, Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure gelöst. Ein Chromoxydul, CrO, wird nur auf mittelbare Weise gebildet und eine Ueberchromsäure, Cr_2O_7, durch Vermischen der Chromsäure mit Wasserstoffsuperoxyd erhalten.

Chromoxyd und Chromsäure bilden mehrere intermediäre Verbindungen, die auch als besondere Oxydationsstufen betrachtet werden. Ein braunes Chromoxyd (CrO_2 oder Cr_2O_3, CrO_3) bildet sich bei der unvollkommenen Oxydation des grünen Oxydes durch Salpetersäure oder wässeriges Chlor und bei der Desoxydation der Chromsäure durch Erhitzen für sich oder durch Chromoxydhydrat, Ammoniak, schwefelige Säure und mehrere organische Substanzen, stellt ein dunkelgelbes Pulver dar und verbindet sich mit Wasser, Säuren und Alkalien. Ein lösliches braunes Chromoxyd (Cr_2O_5 oder Cr_2O_3, $4CrO_3$) wird durch Lösen des reinen oder kohlensauren Oxydes in Chromsäure erhalten und läßt sich wiederholt abdampfen, ohne seine Löslichkeit zu verlieren, wird aber durch längeres Erhitzen bei 100° unlöslich. — Auch das Oxydul bildet mit dem Oxyd eine intermediäre Verbindung (Cr_3O_4 oder CrO, Cr_2O_3), welche durch Fällung des Chromchlorürs mit Aetzkali unter Wasserstoffgasentwicklung erhalten wird, trocken ein rothbraunes Pulver darstellt und beim Erhitzen an der Luft verglimmt.

Chromoxydul.

76,66	26,271	Chrom
23,34	8,000	Sauerstoff
100,00	34,271	Chromoxydul.

Symb. und Aequiv. $CrO = 34{,}271$.

§. 818. Das Chromoxydul wird durch Zersetzung des Chromchlorürs mit Ammoniak gebildet, ist grünlich-weiß und bildet mit Säuren Salze, ist jedoch noch wenig untersucht.

Essigsaures Chromoxydul scheidet sich in rothen glänzenden Krystallen ab. Schwefelsaures Chromoxydul-Kali ($KO, SO_3 + CrO, SO_3 + 6$ Aq.) krystallisirt in schönen, blauen, rhombischen Prismen.

Chromoxyd.

68,64	52,542	Chrom	73,92	76,542	Chromoxyd
31,36	24,000	Sauerstoff	26,08	27,000	Wasser
100,00	76,572	Chromoxyd:	100,00	103,542	Chromoxydhydrat.

Symb. und Aequiv. Cr_2O_3 ($\text{€}rO_3$) $= 76{,}542$ und Cr_2O_3, 3 Aq. $= 103{,}542$.

§. 819. Das Chromoxyd findet sich natürlich als Chromocher in durchscheinenden oder undurchsichtigen, grasgrünen, mattschimmernden, weichen und zerreiblichen Massen und wird künstlich in intensiv grünen, fast schwarzen, äußerst harten, spitzen Rhomboëdern von 5,21 spec. Gewicht, gewöhnlich aber als ein grünes Pulver erhalten; es ist unschmelzbar und feuerbeständig, wird beim Erhitzen vorübergehend bräunlich und durch Kohle in der heftigsten Weißglühhitze, durch die Alkalimetalle in einer weit niedrigeren Temperatur zersetzt, und bildet mit Wasser das Chromoxydhydrat, welches ein bläulich-graugrünes, nach stärkerem Glühen rein grünes Pulver ist, im feuchten Zustand zwischen zwei Glasplatten eingepreßt das Licht mit rother Farbe durchfallen läßt, und erst bei dunkler Rothglühhitze das Wasser verliert.

Man erhält das Chromoxyd durch Glühen des chromsauren Quecksilber-

oxyduls oder des kohlensauren Chromoxydes oder sauren chromsauren Ammoniaks für sich, oder des chromsauren Kalis mit Salmiak, oder des Hydrates, dieses aber durch Fällung der Chromoxydsalze mit ätzenden Alkalien oder schwefeliger Säure, oder durch Zersetzung einer kochenden Lösung von chromsaurem Kali mit Fünffach-Schwefelkalium. Krystallisirtes Chromoxyd bildet sich beim Leiten von Chromoxychlorid durch eine glühende Röhre.

§. 820. Das Chromoxyd löst sich im geglühten Zustand fast gar nicht, das unter der Glühhitze entwässerte nur langsam, das Hydrat aber sehr leicht in den Säuren und bildet mit ihnen die Chromoxydsalze, Sales chromici; diese sind schön grün oder blau, mitunter auch roth, lassen das Licht mit rother Farbe durchfallen, verlieren in der Hitze die Säure, wenn diese flüchtig oder zersetzbar ist, röthen im löslichen Zustand Lakmus, und sind größtentheils in Wasser, die übrigen meist in Salzsäure löslich. Die wässerigen Lösungen werden gefällt: durch die reinen und geschwefelten Alkalien als Hydrat, welches sich etwas mit pfirsichblüthrother Farbe in Ammoniak, leicht und mit grasgrüner Farbe in Kali löst, aber beim Kochen der Lösung vollständig wieder niederfällt; durch einfach- und doppelt-kohlensaure Alkalien, kohlensaure Magnesia und Erdalkalien als hellgrünes kohlensaures Oxyd, das sich nur wenig mit pfirsichblüthrother Farbe in kohlensaurem Ammoniak, etwas leichter und mit blaß grünblauer Farbe in kohlensaurem Kali löst; durch phosphorsaures Natron als hellgrünes phosphorsaures Salz; durch Jodkalium als weißgrünes, in Salzsäure lösliches Jodbrom; durch chromsaures Kali als braunes Chromoxyd, und durch Kaliumeisencyanür smaragdgrün. Die Chromoxydsalze ertheilen dem kohlensauren Natron, Borax und Phosphorsalz vor dem Löthrohr eine smaragdgrüne Farbe, die bei Borax durch die äußere Flamme in Gelbbraun übergeht. Die Chromoxydsalze verbinden sich auch mit vielen anderen Salzen zu Doppelverbindungen.

Man erhält die Chromoxydsalze gewöhnlich durch Lösen des Hydrates oder kohlensauren Oxydes in Säuren, die unlöslichen durch doppelte Affinität. Salpetersaures Chromoxyd ist nicht krystallisirbar, gummiartig und in festem Zustand bei auf- und durchfallendem Licht dunkelgrün, in der Lösung bei auffallendem blau, bei durchfallendem roth. Schwefelsaures Chromoxyd (Cr_2O_3, 3 SO_3, 15 Aq.), erhalten durch Lösen des Hydrates in kalter Schwefelsäure, krystallisirt in regelmäßigen Oktaëdern von 1,696 spec. Gewicht, ist sehr leicht in Wasser löslich und wird durch Erhitzen bei 100^0 unter theilweisem Wasserverlust in eine grüne, noch lösliche, bei dem Siedpunkt des Leinöles aber in eine rothe, krystallinische, nicht lösliche Modifikation verwandelt. Es bildet mit schwefelsaurem Kali den sog. Chromalaun (KO, SO_3 + Cr_2O_3, 3 SO_3 + 24 Aq.), der in dunkelpurpurrothen Oktaëdern krystallisirt, sauer reagirt und mit Wasser eine schmutzig violette Lösung bildet, die durch Erhitzen bis zum Sieden die Krystallisirbarkeit verliert. Kieselsaures Chromoxyd findet sich in einigen Mineralien, wie im Miloschin, Pyrosklerit und Wolchonskoit, in denen es die Stelle der Alaunerde und des Eisenoxydes theilweise oder gänzlich vertritt.

Anmerk. Das Chromoxyd verbindet sich auch mit den Alkalien zu löslichen Verbindungen (vergl. oben) und findet sich natürlich mit Eisenoxydul (Magnesia und Alaunerde) als Chromeisenstein in eisenschwarzen bis schwarzgrauen, halbmetallglänzenden, undurchsichtigen,

nicht oder nur schwach magnetischen, regelmäßigen Oktaëdern und in derben Massen von 4,3 bis 4,5 spec. Gewicht.

Chromsäure.

52,26	—	26,271	Chrom
47,74	—	24,000	Sauerstoff
100,00	—	50,271	Chromsäure.

Symb. und Aequiv. $CrO_3 = 50{,}271$.

§. 821. Die Chromsäure stellt eine scharlachrothe, zarte, wollige, amianthartige, sehr lockere Vegetation oder eine dunkelrothe, zusammenhängende, beim jedesmaligen Erhitzen schwarz werdende Masse dar und krystallisirt aus der wässerigen Lösung in zinnoberrothen Nadeln, ist leicht schmelzbar, ohne Geruch und von anfangs sehr saurem, dann herbem, nicht metallischem Geschmack, färbt die Haut und andere organische Substanzen gelb, ist sehr zerfließlich und löst sich leicht in Wasser, Weingeist und Aether; sie zerfällt beim Erhitzen bis zum Schmelzpunkt in Chromoxyd und Sauerstoffgas, erhitzt sich in Ammoniakgas bei gewöhnlicher Temperatur bis zum Weißglühen und verwandelt sich in Oxyd, und wird durch Stickstoffoxyd, Wasserstoffsäuren, schwefelige Säure, Phosphor, arsenige Säure, Quecksilber und viele organische Stoffe zu Oxyd desoxydirt und durch die Alkalimetalle reducirt.

Man erhält die Chromsäure durch Einleiten des Fluorchroms in geräumige, feuchte Luft enthaltende Gefäße oder in wenig Wasser, ferner durch Zersetzung des sauren chromsauren Kalis mit Kieselfluorwasserstoffsäure oder Schwefelsäure, oder des chromsauren Barytes mit Schwefelsäure, und reinigt sie durch Umkrystallisiren.

§. 822. Die Chromsäure bildet mit den basischen Oxyden die chromsauren Salze, Chromates, welche theils roth, theils gelb und von denen nur die Alkalisalze in Wasser löslich sind; die neutralen Alkalisalze werden beim Glühen für sich nicht zersetzt, während die Salze mit schwächerer Basis dabei unter Bildung von Chromoxyd Sauerstoffgas entwickeln; beim Erhitzen mit Schwefelsäure wird Sauerstoffgas abgeschieden und schwefelsaures Chromoxyd, durch Kochen mit Salzsäure aber unter Entwicklung von Chlor Chromsesquichlorür gebildet, durch Erhitzen mit Kochsalz und Schwefelsäure Chromoxychlorid und durch Erhitzen mit Flußspath und Schwefelsäure Chromfluorid in rothen Dämpfen abgeschieden. Die Lösungen der chromsauren Alkalien werden durch Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure unter Freiwerden von Chromsäure dunkler und durch Salzsäure zuletzt grün gefärbt und durch schwefelige Säure, Zink (bei Gegenwart von Schwefelsäure), Quecksilber, Oxalsäure, Weinsteinsäure, Citronensäure, Zucker und Weingeist (durch beide letztere unter Zusatz von wenig Schwefelsäure) zu Oxyd oder dessen Salzen desoxydirt und geben mit Barytsalzen blaßgelbe, mit Blei- und Wismuthsalzen lebhaft gelbe, mit Quecksilberoxydulsalzen ziegelrothe, mit Silbersalzen purpurrothe, aus chromsauren Salzen bestehende und, wie die übrigen in Wasser unlösliche chromsaure Salze, in Salpetersäure auflösliche Niederschläge. Die Chromsäure verbindet sich auch mit Chlorkalium zu einer krystallisirbaren Verbindung ($KCl, 2\,CrO_3$), die nur aus salzsäurehaltigem Wasser unzersetzt wieder krystallisirt.

Man erhält die chromsauren Salze nur selten durch Sättigung der Säure mit der Basis, sondern meist durch doppelte Affinität. Chromsaures Kali (KO, CrO_3) wird beim Zusammenschmelzen des feingepulverten Chromeisensteins mit Salpeter, Auslaugen der Masse mit Wasser, Verdunsten und Umkrystallisiren in citronengelben, sechsseitigen Säulen erhalten, färbt sich beim Erhitzen roth, reagirt alkalisch, schmeckt kühlend,

anhaltend bitter und metallisch, löst sich leicht in Wasser, nicht in Weingeist, und wird durch Vermischen mit Salpetersäure in doppelt- oder saures chromsaures Kali ($KO, 2CrO_3$) verwandelt, welches in großen, morgenrothen, schiefen, rechtwinkeligen Säulen oder vierseitigen Tafeln krystallisirt, leicht schmelzbar ist, in Wasser, nicht in Weingeist löslich ist, mit Kohle erhitzt schwach verpufft und durch weitere Digestion mit Salpetersäure in dreifach-chromsaures Kali ($KO, 3CrO_3$) übergeht, das tiefrothe Krystalle darstellt. Chromsaures Natron ($NaO, CrO_3, 10 Aq.$) krystallisirt wie das Glaubersalz und ist luftbeständig; das saure Salz krystallisirt in hyacinthrothen, dünnen, sechsseitigen Säulen und ist ungemein löslich. Chromsaures Ammoniak (H_4NO, CrO_3) krystallisirt in gelben, luftbeständigen, sehr leicht löslichen Nadeln und verwandelt sich beim raschen Erhitzen unter Feuerentwicklung in grünes Oxyd; das saure Salz ist weniger leicht in Wasser löslich. Chromsaure Magnesia ($MgO, CrO_3, 7 Aq.$) krystallisirt in großen, durchsichtigen, pomeranzengelben, leicht in Wasser löslichen, sechsseitigen Säulen. Chromsaures Zinkoxyd hat die Zusammensetzung des Magnesiasalzes und die Form des Zinkvitriols und ist leicht in Wasser löslich. Chromsaures Bleioxyd (PbO, CrO_3) findet sich natürlich als rother Bleispath oder Rothbleierz in durchsichtigen, morgenrothen, das Licht stark brechenden, diamantglänzenden, schiefen, rhombischen Säulen von 6,1 spec. Gewicht und wird künstlich als ein citronengelbes Pulver (Chromgelb) erhalten, welches beim Erhitzen vorübergehend dunkelroth wird, in der Glühhitze schmilzt und beim Erkalten zu einer dunkelbraunen, beim raschen Abkühlen durch Eingießen in kaltes Wasser zu einer rothen Masse erstarrt, in noch höherer Temperatur Sauerstoff verliert und sich in eine dunkelgelbe Masse ($PbO, Cr_2O_3 + 3PbO, 2CrO_3$) verwandelt; es löst sich leicht in Kalilauge. Dreiviertel-chromsaures Bleioxyd ($3PbO, 2CrO_3$) findet sich für sich als Melanochroit in sehr weichen, cochenillrothen, schwach fettglänzenden, an den Kanten durchscheinenden, rhombischen Säulen oder derben Massen von 5,75 spec. Gewicht, und mit chromsaurem Kupferoxyd verbunden als Vauquelinit ($3PbO_3, 2CrO + 3CuO, 2CrO_3$) in sehr kleinen, schwarzgrünen bis gelben, diamantglänzenden, durchscheinenden Nadeln oder in tropfsteinartigen Massen von 6,8 bis 7,2 spec. Gewicht. Halb-chromsaures Bleioxyd ($2PbO, CrO_3$) wird durch Digestion des neutralen Salzes mit Bleioxyd oder mit Kali oder mit neutralem chromsaurem Kali oder durch Eintragen des neutralen Salzes in schmelzenden Salpeter erhalten und stellt ein prächtig zinnoberrothes oder scharlachrothes Pulver (Chromroth) oder kleine pomeranzengelbe oder carmoisinrothe Krystalle dar. Chromsaures Quecksilberoxydul ($4Hg_2O, 3CrO_3$) ist zwischen ziegel- und scharlachroth, wird am Licht schwarz, durch Ammoniak in schwarzes Quecksilberoxydul-Chromoxyd verwandelt, und löst sich etwas in Wasser. Chromsaures Silberoxyd (AgO, CrO_3) ist krystallisirbar in Schuppen, Blättchen oder feinen Nadeln, braun, gelbbraun oder graugrün, bei durchfallendem Lichte dunkelroth, und in Säuren, Ammoniak und chromsaurem Kali, nicht in reinem Wasser löslich; aus der ammoniakalischen Lösung schießt beim Erkalten chromsaures Silberoxyd-Ammoniak ($AgO, CrO_3 + 2H_3N$) in gelben durchsichtigen Krystallen an, die an der Luft schnell Ammoniak

verlieren; das saure Silbersalz ($AgO, 2CrO_3$) krystallisirt in tief rubinrothen, stark metallglänzenden Blättchen und Säulen, löst sich wenig in Wasser, und wird durch kochendes Wasser in die neutrale und eine sehr saure Verbindung zersetzt und leicht von Salpetersäure und Ammoniak gelöst.

Anmerk. Als Ueberchromsäure, Cr_2O_7, wird die Lösung derjenigen Verbindung betrachtet, welche sich beim Vermischen der wässerigen Chromsäure mit oxydirtem Wasser als eine tief indigblaue Flüssigkeit bildet, die aber oft sehr schnell unter Entwicklung von Sauerstoffgas die blaue Farbe verliert; eine haltbarere Lösung ist die in Aether (indem man Baryumsuperoxyd in Salzsäure löst, die Lösung mit einer Schicht Aether übergießt und dann in Wasser gelöstes saures chromsaures allmählig zusetzt und schüttelt, worauf die blaue, ätherische Schicht abgegossen wird), welche nach dem Verdunsten des Aethers an der Luft plötzlich die blaue Farbe verliert und Chromsäure hinterläßt. Man kennt bis jetzt nur einige, wenig dauerhafte Verbindungen mit organischen Salzbasen; die Alkalien zersetzen die Ueberchromsäure augenblicklich.

Stickstoffchrom (Cr_3N_2) wird durch Leiten von Ammoniakgas über erhitztes Chromsesquichlorür erhalten, ist braun, pulvrig und entzündet sich zwischen 150 und 200° in Sauerstoffgas und verbrennt mit rothem Licht und unter Freiwerden von Stickstoffgas zu Chromoxyd und etwas Untersalpetersäure.

Chrom und Salzzeuger.

Chromchlorür, chlorwasserstoffsaures Chromoxydul.

42,55	— 26,271	Chrom
57,45	— 35,463	Chlor
100,00	— 61,734	Chromchlorür.

Symb. und Aequiv. $CrCl = 61,734$. Atom. Cr Cl ($CrCl_2$).

§. 823. Das Chromchlorür stellt eine weiße, filzige Masse dar, welche sich in Wasser mit blauer, an der Luft grün werdender Farbe löst und bei der Digestion mit violettem Sesquichlorür dieses in die grüne Modifikation verändert.

Man erhält das Chromchlorür durch Ueberleiten von Wasserstoffgas über violettes Chromsesquichlorür.

Chromsesquichlorür, chlorwasserstoffsaures Chromoxyd.

33,06	— 52,542	Chrom
66,94	— 106,389	Chlor
100,00	— 158,931	Chromsesquichlorür.

Symb. und Aequiv. $Cr_2Cl_3 = 158,931$. Atom. Cr Cl$_3$ (Cr_2Cl_6).

§. 824. Das Chromsesquichlorür bildet zwei Modifikationen; das violette wird durch Verdampfen der salzsauren Auflösung der Chromsäure und stärkeres Erhitzen des Rückstandes oder durch Verdunsten der salzsauren Chromoxydlösung und Erhitzen des Rückstandes in einer Retorte für sich oder in einem Strom von Chlorgas oder durch Leiten von Chlorgas über ein glühendes Gemenge von Chromoxyd und Kohle, das pfirsichblüthrothe, durch Erhitzung des Schwefelchroms in einem Strome von Chlorgas erhalten, ist blättrig-krystallinisch, in starker Hitze flüchtig, zum Theil in Wasser löslich, zum Theil unlöslich, und wird durch Glühen an der Luft, mit Wasserstoffgas, Ammoniak, Schwefel, Schwefelwasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas und beim Schmelzen mit kohlensaurem Natron und Salmiak zersetzt.

Chromoxysesquichlorür ($2\,Cr_2Cl_3, Cr_2O_3$) bildet sich beim Erhitzen des eingedampften salzsauren Chromoxydes bis auf 120° als ein rothgraues, bei 150° als ein graurothes Pulver, das bei der Behandlung mit Wasser ein rosenrothes Pulver hinterläßt; wird hingegen die salzsaure Chromoxydlösung über Schwefelsäure verdunstet, so bildet sich eine wasserhaltige Verbindung ($2\,Cr_2Cl_3, Cr_2O_3, 9\,Aq.$) als eine unkelrothe Masse. Eine basischere Verbindung ($Cr_2Cl_3, 2\,Cr_2O_3$) bildet sich beim bis zum anfangenden Glühen gesteigerten Erhitzen.

Chromoxychlorid, chromsaures Chromchlorid.

33,80 —	78,813	Chrom	1	Vol.	Chromdampf
45,62 —	106,389	Chlor	1	„	Chlorgas
20,58 —	48,000	Sauerstoff	1	„	Sauerstoffgas
100,00 —	233,202	Chromoxychlorid:	1	Vol.	Chromoxychloriddampf.

Symb. und Aequiv. $Cr_3Cl_3O_6$ oder $CrCl_3, 2\,CrO_3 = 233{,}202$. Atom. $Cr_3\bar{C}l_3O_6$ oder $Cr\bar{C}l_3, 2\,CrO_3$ ($Cr_3Cl_6O_6$ oder $CrCl_6, 2\,CrO_3$).

§. 825. Das Chromchlorid, $CrCl_3$, ist für sich unbekannt; die bei der Destillation eines chromsauren Salzes mit Kochsalz und Schwefelsäure sich bildende Flüssigkeit ist nicht, wie man früher annahm, das reine Chlorid, sondern Chromoxychlorid; dieses stellt eine blutrothe, bei auffallendem Licht schwarzbraune Flüssigkeit dar, welche von 1,71 spec. Gewicht ist, bei 118° siedet, braungelbe Dämpfe entwickelt und in Wasser unter Erhitzung löslich ist. Es zerfällt beim Leiten durch eine glühende Röhre in krystallisirtes Chromoxyd, Chlor und Sauerstoff, verdichtet sich mit Ammoniakgas unter glänzender Feuererscheinung zu einer dunkelbraunen Masse, absorbirt in großer Menge Chlor und wird dadurch fast fest, löst ohne Zersetzung Jod auf, wird durch Schwefel und Schwefelwasserstoff gewöhnlich unter Feuererscheinung, durch Chlorschwefel, unter feuriger Verpuffung durch Phosphor, mit großer Heftigkeit durch Phosphorchlorid und Quecksilber zersetzt und entzündet häufig ölbildendes Gas, absoluten Weingeist, Holzgeist, Terpenthinöl, Camphor und Olivenöl.

Man erhält das Chromoxychlorid durch Zusammenschmelzen von 17 Th. einfach-chromsaurem Kali mit 10 Th. Kochsalz und Destillation der erkalteten und zerschlagenen Masse mit 30 Th. Schwefelsäure oder durch Destillation des chromsauren Bleioxydes mit Kochsalz und Schwefelsäure; durch fractionirte Destillation wird es von dem zuerst übergehenden Chlor und der zuletzt bleibenden Schwefelsäure getrennt.

Chromsesquibromür, Cr_2Br_3, durch Erhitzen des Chroms in Bromdampf (wobei zuletzt Feuerentwicklung stattfindet) erhalten, ist graugrün und zerfließlich, durch Lösen des Chromoxydhydrates in wässerigem Bromwasserstoff erhalten und verdunstet nur schwierig krystallisirbar.

Chromsesquijodür, Cr_2I_3, ist fast unbekannt.

Chromsesquifluorür, Cr_2F_3, durch Lösen des Oxydhydrates in Fluorwasserstoffsäure und Verdunsten erhalten, ist grün, krystallinisch und völlig in Wasser löslich; es verbindet sich mit basischen Fluormetallen zu wenig in Wasser löslichen Fluorsalzen.

Chromfluorid, CrF_3 oder CrF_5, bildet sich bei der Destillation von 1 Th. chromsaurem Bleioxyd und 1 Th. Flußspath mit 3 Th. rauchender Schwefelsäure als ein rother Dampf, der beim Einathmen heftige Lungenbeschwerden verursacht, durch Wasser in Chromsäure und Fluorwasserstoffsäure, durch Kieselerde (auch durch Glas) in Chromsäure und Fluorsilicium, durch Borsäure in Chromsäure und Fluorbor, durch arsenige Säure in Chromsäure und Fluorarsen zerfällt, lang,

sam durch Quecksilber zersetzt wird und organischen Substanzen Wasserstoff und Sauerstoff entzieht.

Chrom und Kieszeuger.

Chromsesquisulphür, Anderthalb-Schwefelchrom.

52,26 —	52,542	Chrom
47,74 —	48,000	Schwefel
100,00 —	100,542	Chromsesquisulphür.

Symb. und Aequiv. $Cr_2 S_3 = 100,542$.

§. 826. Das Chromsesquisulphür ist je nach seinen Bereitungsweisen schwarz und theils krystallinisch glänzend, theils pulverig oder dunkelgrau, pulverig und auf dem Strich metallglänzend, oder grün, glänzend und schuppig, dem Graphit ähnlich, oder sehr locker, fett anzufühlen, eisenschwarz und abfärbend; es verbrennt beim Erhitzen an der Luft wie Pyrophor, zersetzt in der Rothglühhitze den Wasserdampf, wird durch Salpetersäure nicht, durch Chlor schon bei gewöhnlicher Temperatur, vollständig beim Erhitzen zersetzt und durch Königswasser in Chromsesquichlorür und Schwefelsäure verwandelt und giebt beim Glühen mit Salpeter chromsaures und schwefelsaures Kali.

Man erhält das Chromsesquisulphür durch Leiten von Schwefelkohlenstoffdampf über weißglühendes Chromoxyd oder des Schwefelwasserstoffes über stark glühendes Chromsesquichlorür, ferner durch Erhitzen des Chromoxydhydrates mit Schwefel im luftleeren Raum, oder durch Zusammenschmelzen von Chromoxyd mit Fünffach-Schwefelkalium, oder durch Erhitzen des Sesquichlorürs mit der fünffachen Menge Schwefel in einer Glasretorte.

Chromsulphid, $Cr S_3$, ist nur in Verbindung mit Schwefelalkalimetallen bekannt.

Selenchrom und Tellurchrom sind unbekannt.

Chrom und Erzzeuger.

Phosphorchrom.

§. 827. Beim Leiten von Phosphorwasserstoffgas über erhitztes Chromsesquichlorür entsteht neben Salzsäure auch Chromphosphor, $Cr_2 P$, als eine schuppig krystallinische, schwarze Substanz, die vor dem Löthrohr ein Phosphorflämmchen giebt, und sich nicht in Salzsäure und, selbst nach längerem Kochen, nur wenig in Salpetersäure oder Königswasser löst. Beim Erhitzen des phosphorsauren Chromoxydes mit Kohle im Gebläsefeuer wird eine wenig zusammenhängende, hellgraue, schwach glänzende, die Elektricität leitende Masse erhalten, welche sich wenig bei offenem Feuer und nur schwierig in der äußeren Löthrohrflamme oxydirt, nicht in den Säuren und selbst in Königswasser nur sehr wenig löslich ist und von Kalihydrat erst in der Glühhitze zersetzt wird.

Arsenchrom und Antimonchrom sind unbekannt.

Bor und Kiesel lassen sich nicht mit Chrom verbinden.

Von den Legirungen des Chroms kennt man bis jetzt nur das kohlenstoffhaltige Chromeisen, welches durch das heftigste Erhitzen eines Gemenges von Chromoxyd und Eisenoxyd oder durch Zusammenschmelzen von Chromeisenstein mit flußbefördernden Mitteln im Kohlentiegel erhalten wird; es ist um so weißer, krystallinischer, glänzender, spröder und härter, aber minder schmelzbar, magnetisch und in Säuren löslich, um so mehr es Chrom enthält, läßt sich im Achatmörser zu einem feinen, metallglänzenden Pulver zerreiben und wird beim Schmelzen mit Salpeter oxydirt. Chromstahl läßt sich schön damasciren und ist sehr hart, aber gut bearbeitbar.

aber nicht in der Art vereinigt seien, wie sie sich als Verbindungen (Kohlensäure, Wasser) durch Einwirkung chemischer Agentien aus den vegetabilischen Substanzen darstellen lassen; in den animalischen nahm er außer den drei genannten Elementen noch Stickstoff und Phosphor an. Lavoisier versuchte nun, hiernach ein bestimmtes Eintheilungsprincip der organischen Substanzen aufzustellen, nach welchem die Körper von ähnlicher Herkunft auch die nämlichen Bestandtheile enthalten sollten, und unterschied die organischen Verbindungen nach ihren chemischen Eigenschaften in Säuren und Oxyde, von denen namentlich die ersteren, wenn sie vegetabilischen Ursprungs sind, bloß aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die animalischer Abstammung aus diesen drei Elementen und Stickstoff bestehen, eine Ansicht, die aber später nicht bestätigt wurde, indem man nicht allein animalische Säuren als stickstofffrei, sondern auch vegetabilische Säuren (wenn auch zum Theil mit Unrecht) stickstoffhaltig fand, wodurch man allmählig auf die Hauptabtheilung in stickstofffreie und stickstoffhaltige organische Verbindungen geführt wurde. Man betrachtete nun als die den organischen Körpern allgemein zukommenden Eigenschaften:

1) ihre Zersetzbarkeit in der Hitze und dabei stattfindende Abscheidung von Kohle;
2) ihren Uebergang in Fäulniß und Verwandlung in neue Verbindungen bei den gewöhnlichen Einflüssen der Atmosphäre;
3) die Nichtdarstellung aus ihren Elementen auf künstlichem Weg;
4) daß sie nicht nach den Gesetzen der Polarität, d. h. aus näheren binären Verbindungen zusammengesetzt sind;
5) daß sie sich durch die Mannigfaltigkeit ihrer Verbindungs-Verhältnisse und durch ein hohes Aequivalent auszeichnen, und
6) daß die einfach zusammengesetzten organischen Verbindungen wenigstens aus drei Elementen bestehen.

Diese Eigenschaften lassen sich aber nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft nicht mehr als charakterisirende ansehen, da dieselben nicht allein vielen organischen Körpern fehlen, sondern sie auch mit unorganischen Verbindungen gemein haben. So werden eine große Anzahl organischer Körper bei der Erhitzung nicht zersetzt, indem viele dabei unzersetzt verflüchtigt werden, einige andere sogar ohne irgend eine Zersetzung selbst durch glühende Röhren geleitet werden können. Ein großer Theil der stickstofffreien organischen Verbindungen ist nicht der Fäulniß fähig, und einige (wie z. B. Zucker) verhindern sogar die Fäulniß der dazu geeigneten Körper. Die meisten natürlich vorkommenden organischen Körper sind zwar bis jetzt noch nicht künstlich dargestellt worden; da es aber bis jetzt mit einigen, wie z. B. mit Ameisensäure, Harnstoff und Oxalsäure, gelungen ist, dieselben künstlich zu erzeugen, so läßt es sich annehmen, daß auch andere auf dem Wege der Kunst dargestellt werden können. Nach den neuesten Untersuchungen läßt sich mit Bestimmtheit annehmen, daß viele, wenn nicht alle organische Körper nach den Gesetzen der Polarität zusammengesetzt sind, und daß sie, wenn auch nicht immer, binäre Verbindungen in ihrer Zusammensetzung enthalten, die sich gegen einfache Körper wie ein einfacher Körper verhalten und sich mit diesen verbinden können, wodurch sie wieder zur Verbindung mit anderen zusammengesetzten Körpern geeignet sind; solche zusammengesetzte Körper, die sich mit einfachen Stoffen (z. B. Sauerstoff, Schwefel u. s. w.) verbinden können, heißen zusammengesetzte Radikale, worüber ein Mehreres unten zu vergleichen ist. Auch die

Mannigfaltigkeit der Verbindungs-Verhältnisse der organischen Verbindungen, so wie deren meist sehr hohes Aequivalent findet bei den unorganischen Verbindungen viele Analoga, so daß es leicht erklärlich ist, wie ein Aequivalent mehr oder weniger des einen Elementes ganz verschiedene Eigenschaften organischer Verbindungen bedingen kann, wenn man bedenkt, daß Mangan, mit der kleinsten Menge Sauerstoff verbunden eine ziemlich mächtige Salzbasis, mit der größten Menge Sauerstoff verbunden aber eine Säure bildet. Ferner ist die frühere Annahme, daß organische Verbindungen wenigstens aus drei Elementen bestehen müssen, ziemlich bald widerlegt worden, indem man Oxalsäure, Cyan, Steinöl, Terpenthinöl und mehrere andere Stoffe, welche als wirkliche organische Verbindungen betrachtet werden, nur aus zwei Elementen zusammengesetzt fand.

§. 829. Der Hauptbestandtheil der organischen Verbindungen ist der Kohlenstoff, welcher in keiner einzigen fehlt und sich immer in mehr als einem Aequivalent darin vorfindet. Der Wasserstoff findet sich in den meisten organischen Verbindungen, und viele derselben bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Der Sauerstoff kann, mit Kohlenstoff allein verbunden, keinen organischen Körper bilden (mit Ausnahme der wasserfreien, aber in solchem Zustand nicht darstellbaren Oxalsäure und Krokonsäure); die Gegenwart von Wasserstoff oder eines anderen der weiter zu erwähnenden Elemente ist bei der Bildung oder Entstehung einer sauerstoffhaltigen organischen Verbindung unbedingt nothwendig. Der Stickstoff bildet mit Kohlenstoff allein nur sehr wenige organische Verbindungen; die meisten stickstoffhaltigen organischen Körper enthalten auch Wasserstoff und Sauerstoff, und zwar die meisten beide zugleich, einige auch nur das eine oder andere Element. Schwefel und Phosphor finden sich nur selten in organischen Verbindungen, aber meist mit den übrigen vier Elementen vereinigt und meist in sehr geringer Menge. Chlor, Brom und Jod können nur auf künstlichem Wege mit Kohlenstoff (und dem einen oder anderen der erwähnten Elemente) zu einer organischen Verbindung zusammentreten.

Die quantitative Ermittlung der Bestandtheile einer organischen Verbindung ist Gegenstand der organischen Elementaranalyse, die auf die Weise ausgeführt wird, daß man Kohlenstoff, Wasserstoff, Schwefel und Phosphor vollkommen oxydirt, Stickstoff in einem besondern Versuch ermittelt, Chlor, Brom und Jod an ein Erdalkalimetall bindet und Sauerstoff aus dem Gewichtsverlust berechnet. Die Elementaranalyse wird auf die Art ausgeführt, daß man die zu analysirende Substanz sorgfältig entwässert, eine abgewogene Menge derselben mit Kupferoxyd oder chromsaurem Bleioxyd (welche beim Erhitzen mit kohlenstoff- oder wasserstoffhaltigen Substanzen ihren Sauerstoff abgeben) innigst vermengt, das Gemenge in eine an dem einen Ende zugeschmolzene Glasröhre gibt, an das offene Ende derselben eine mit frisch geschmolzenem Chlorcalcium angefüllte Röhre, und an diese einen mit concentrirter Kalilauge gefüllten Kugelapparat (welche beide zuvor jeder für sich genau dem Gewicht nach bestimmt worden sind) setzt, und nun die mit dem Gemenge versehene Glasröhre allmählig und von vorn nach hinten hin bis zum Glühen und so lange erhitzt, bis die Verbrennung der organischen Substanz beendigt ist. Es treten hierbei Wasser und Kohlensäure auf, von denen das erstere durch das Chlorcalcium, die andere durch die Kalilauge absorbirt und durch die Gewichtszunahme die beiden einzelnen Apparate die Menge des Wassers und der Kohlen-

säure bestimmt wird, woraus leicht der Gehalt an Wasserstoff und Kohlenstoff berechnet werden kann. Ist durch anderweite Versuche ermittelt worden, daß die untersuchte organische Substanz kein anderes Element enthält, so müssen die gefundenen und berechneten Resultate von Wasserstoff und Kohlenstoff sehr genau mit der Menge der in Untersuchung genommenen Substanz stimmen; findet hingegen eine Differenz statt, so hat entweder bei der Zersetzung ein Fehler stattgefunden, oder es besteht das Minus in dem vorhandenen Sauerstoff, was durch Wiederholung des Versuches ermittelt werden muß; nur bei gleichen Resultaten läßt sich annehmen, daß die Elementaranalyse gehörig ausgeführt worden ist. Ist der zu untersuchende Körper sehr reich an Kohlenstoff oder enthält er zugleich Stickstoff, so wird der Kohlenstoff nie vollkommen durch den Sauerstoff des Kupferoxydes oder des chromsauren Bleioxydes zersetzt, und eine vollkommene Verbrennung gelingt nur dann, wenn während der Erhitzung des Gemenges noch reines und trockenes Sauerstoffgas darüber geleitet wird, was auf die Weise geschieht, daß die auch an dem hinteren Ende offene Röhre mit einem Gasometer in Verbindung gesetzt wird, in welchem Sauerstoffgas enthalten ist, das durch Zulaufen von Wasser nach der Verbrennungsröhre ausgetrieben, aber zuvor erst wieder durch eine mit geschmolzenem Chlorcalcium angefüllte Röhre zur Entwässerung geleitet wird. — Wird bei gehörig geleiteter Verbrennung wahrgenommen, daß während des ganzen Processes durch den mit Kalilauge angefüllten Apparat gleichmäßig Luftblasen getrieben werden, so bestehen diese aus Stickstoffgas. Um die Menge desselben dem Volumen und Gewicht nach zu bestimmen, werden besondere Versuche angestellt. Entweder wird die organische Substanz auf die gewöhnliche Weise mit Kupferoxyd oder chromsaurem Bleioxyd verbrannt, aber zuvor aus der Verbrennungsröhre die atmosphärische Luft durch Kohlensäure ausgetrieben (was auf die Weise geschieht, daß man in das hintere zugeschmolzene Ende der Röhre einige Zoll hoch kohlensaures Bleioxyd giebt, auf dieses erst eine Lage Kupferoxyd bringt und nun das Gemenge einträgt, worauf derjenige Theil der Röhre, in welchem das kohlensaure Bleioxyd befindlich ist, theilweise so lange erhitzt wird, bis das auftretende Gas vollkommen von Kalilauge absorbirt und dadurch die Entfernung der atmosphärischen Luft erkannt wird), dann das auftretende, aus Kohlensäure und Stickstoffgas bestehende Gasgemenge über Quecksilber aufgesammelt, zuletzt der Rest des in der Verbrennungsröhre befindlichen Stickstoffgases durch Kohlensäure ausgetrieben (was durch Erhitzung des noch unzersetzten Theils des kohlensauren Bleioxyds geschieht), die Kohlensäure in dem Gasometer durch Kali absorbirt und aus dem corrigirten*) Volumen des zurückbleibenden Stickstoffgases sein Gewicht berechnet. Oder es wird nach einem neueren Verfahren die organische Substanz mit Aetznatron und Aetzkalk vermischt, das Gemenge geglüht, das dabei auftretende Ammoniak in Salzsäure geleitet, die Flüssigkeit durch Verdunsten eingeengt und mit einer weingeistigen Lösung von Platinchlorid vermischt, wobei Platinsalmiak niederfällt, der nach dem Auswaschen

*) Die Correction des Stickstoffgases wird auf die in Bd. 3, S. 141 und 142 angegebene Weise für Wärme, Luftdruck und Wasserdampf ausgeführt und aus der dabei gefundenen Raummenge des Stickstoffgases nach Bd. 3, S. 13 das Gewicht desselben ermittelt.

mit Weingeist und Trocknen gewogen wird; 100 Theile entsprechen 6,27 Theilen Stickstoff. — Schwefel und Phosphor werden in einer organischen Substanz gewöhnlich auf nassem Wege bestimmt, indem man letztere so lange mit Salpetersäure oder Königswasser behandelt, bis der Schwefel oder Phosphor vollkommen oxydirt ist, worauf man die gebildete Schwefelsäure oder Phosphorsäure durch ein Barytsalz fällt und aus dem Gewichte des schwefelsauren oder phosphorsauren Baryts das des Schwefels oder Phosphors berechnet. Auf trocknem Wege wird die Menge des Schwefels oder Phosphors auf die Weise ermittelt, daß man die organische Substanz mit der zehnfachen Menge Salpeter und der zwölffachen Menge kohlensaurem Kali vermischt, das Gemenge in einem Platintiegel bis zur Zersetzung schmilzt, die erkaltete Masse in Wasser löst, die Flüssigkeit mit Salpetersäure neutralisirt und durch ein Barytsalz fällt. Flüssigkeiten und sehr flüchtige Substanzen werden auf diese Weise nicht vollständig oxydirt; erstere werden in Glaskügelchen gebracht, letztere mit kohlensaurem Baryt und Salpeter vermengt, die Kugel oder das Gemenge in den unteren Theil einer langen zugeschmolzenen Röhre gebracht, der übrige Theil der Röhre mit dem Gemenge von kohlensaurem Baryt und Salpeter angefüllt, dieses zum Glühen gebracht, und hierauf der untere Theil der Röhre, wo die organische Substanz befindlich ist, erhitzt, so daß die Dämpfe über den glühenden Theil steigen; nach Beendigung des Processes wird die Masse mit verdünnter Salpetersäure ausgewaschen, wobei das Barytsalz ungelöst bleibt. Auf ähnliche Weise werden Chlor, Brom und Jod bestimmt, indem man statt des Gemenges von Salpeter und kohlensaurem Baryt oder Kali reinen gebrannten Marmor anwendet, die geglühte Masse in Salpetersäure auflöst, die Flüssigkeit von der ausgeschiedenen Kohle abfiltrirt und mit salpetersaurem Silberoxyd vermischt, wobei die Salzzeuger in Verbindung mit Silber niederfallen. — Durch Zusammenstellung der bei der Analyse erhaltenen Resultate und Theilung derselben mit den Aequivalentenzahlen wird die empyrische Formel für die Zusammensetzung der organischen Substanz gefunden; das Aequivalent derselben findet man, wenn sie eine Säure ist, durch Bindung an eine Basis, oder wenn sie eine Basis ist, durch Bindung an eine Säure von bekannter Sättigungscapacität durch die quantitative Zusammensetzung des gebildeten Salzes. Auch viele der sogenannten indifferenten Stoffe verbinden sich mit Säuren oder Basen, wodurch das Aequivalent ermittelt werden kann. Das Aequivalent flüchtiger organischer Substanzen kann auch durch das spec. Gewicht des Dampfes controlirt werden.

§. 830. Nach den neuesten Erfahrungen nimmt man an, daß alle organische Verbindungen in gewisse Gruppen geordnet werden können, deren Anfangspunkt ein sog. zusammengesetztes Radikal d. h. ein Körper bildet, welcher die Fähigkeit besitzt, mit einfachen Körpern Verbindungen einzugehen, die sich den Verbindungen zweier einfacher Körper analog verhalten, und demnach der einfache Körper durch die entsprechenden Aequivalente eines anderen einfachen Körpers und auch durch ein anderes zusammengesetztes Radikal vertreten werden kann. Die Grundlehren der Radikaltheorie sind: 1) Die zusammengesetzten Radikale bilden mit Sauerstoff und Schwefel Säuren und Basen, manche auch treten mit Wasserstoff zu Wasserstoffsäuren zusammen; 2) wird den Verbindungen eines zusammengesetzten Radikals ein oder mehrere ihrer Bestandtheile entzogen, so entsteht eine neue Verbindung

mit verändertem Radikal; 3) wird der Sauerstoff einer organischen Verbindung ersetzt durch sein Aequivalent Schwefel, so entsteht eine der Sauerstoffverbindung in den Eigenschaften ähnliche Schwefelverbindung des nämlichen Radikals; 4) wird der Wasserstoff einer organischen Verbindung vertreten durch sein Aequivalent Chlor oder Sauerstoff, so zerlegt sie sich entweder in eine ähnliche Verbindung oder in mehrere neue Verbindungen eines einfacheren Radikals; 5) alle Verbindungen der stickstofffreien zusammengesetzten Radikale zerfallen bei der Einwirkung des Sauerstoffes in niedrigere oder höhere Orydationsstufen einfacherer Radikale.

Vor der Einführung der phlogistischen Theorie wurde kein Unterschied zwischen den entfernteren und näheren Bestandtheilen der organischen Verbindungen gemacht, sondern man betrachtete diejenigen Stoffe, welche durch Einfluß chemischer Agentien, und namentlich durch die Einwirkung einer erhöhten Temperatur hervorgebracht wurden, als die constituirenden, aber auch letzten Bestandtheile der organischen Verbindungen; so wurden in diesem Sinn nach dem Erfolg der trocknen Destillation ein wässeriges, geistiges, öliges, salziges und erdiges Element in denselben angenommen. Zur Zeit der phlogistischen Theorie, nach welcher als letzte Bestandtheile der organischen Verbindungen ein salziges, wässeriges und brennbares Element angenommen wurde, war man im Streit, ob diese Elemente unter sich zu näheren Bestandtheilen vereinigt oder nicht in den organischen Verbindungen enthalten seien. Auch Lavoisier, welcher (vergl. §. 828) zuerst die wahren Elemente der organischen Verbindungen ermittelte, hatte keine bestimmte Ansicht über die Bestandtheile derselben, indem er über die chemische Constitution der vegetabilischen Säuren einerseits sagt, daß in ihnen weder Wasser, noch Kohlensäure, noch Oel (Kohlenwasserstoff) enthalten, sondern die Elemente im Gleichgewicht seien, und erst über 100° eine Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser stattfinde, andrerseits aber wieder viel Gewicht auf den Sauerstoffgehalt der organischen Körper legt und zuweilen die vegetabilischen Substanzen als binären Verbindungen des Sauerstoffes mit einem Kohlenwasserstoff — einem zusammengesetzten Radikal — und zwar in der Weise betrachtet, daß die Grundlagen der animalischen Säuren zusammengesetzter (aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Phosphor bestehend), als die der vegetabilischen Säuren seien. In den von Lavoisier in Gemeinschaft mit Guyton de Morveau, Fourcroy und Berthollet publicirten Abhandlungen über die Reform der chemischen Nomenclatur werden die organischen Säuren bestimmt als aus Sauerstoff und einem zusammengesetzten Körper bestehend betrachtet und sogar angenommen, daß sich ein solcher zusammengesetzter Körper in mehreren Verhältnissen mit Sauerstoff verbinden könne. Obgleich nun Fourcroy diese Ansicht, der sich die meisten Chemiker jener Zeit anschlossen, anfangs mit in Aufnahme brachte, so betrachtete er später, im Jahr 1794, die vegetabilischen Säuren als ternäre Verbindungen, die Wahrscheinlichkeit vorbehaltend, daß mehrere derselben verschiedene Orydationsstufen einer und derselben zusammengesetzten Grundlage sein könnten, und auch Girtanner schloß sich dieser Ansicht im Jahr 1795 mit einigen Modificationen an, indem er zwar ebenfalls nach der ersten Ansicht Lavoisier's die vegetabilischen Säuren nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, aber nicht aus Wasser, Kohlenwasserstoff und Kohlensäure bestehend betrachtet, jedoch die Säuren im Allgemei-

nen in solche mit einfacher (unorganische Säuren) und in solche mit zusammengesetzter (organische Säuren) Grundlage eintheilt. Im Jahr 1803 sprach sich aber Berthollet ganz bestimmt dahin aus, daß die organischen Säuren nicht ternäre, sondern solche Verbindungen seien, in welchen der Sauerstoff als mit einer zusammengesetzten Substanz, die aber, außer Kohlenstoff und Wasserstoff, auch Sauerstoff enthalte, verbunden betrachtet werden müsse. Diese Betrachtungsweisen über die Constitution der organischen Verbindungen, welche sich denen der Jetztzeit in sofern nähern, daß man zusammengesetzte Grundlagen mit zwei und drei Elementen (binäre und ternäre Radikale) annahm, wurden später nicht weiter verfolgt. Noch im Jahr 1814 sprach sich Berzelius dahin aus, daß alle organischen Verbindungen ternäre und ihre Elemente unmittelbar mit einander verbunden seien, eine Ansicht, der sich wieder viele Chemiker anschlossen, da hierdurch ein bestimmter Unterschied und fester Grenzpunkt zwischen unorganischen und organischen Verbindungen festgestellt zu sein schien, während die im Jahr 1815 von Gay-Lussac aufgestellte Ansicht, daß die näheren Bestandtheile des Weingeistes und Aethers Kohlenwasserstoff und Wasser, die der Oxalsäure aber nach J. W. Döbereiner (1816) Kohlenoxyd und Kohlensäure seien, und von letzterem diese Betrachtungsweise, die organischen Substanzen als aus einfacheren Kohlenstoffverbindungen und Wasser zusammengesetzt anzusehen, auf andere Körper ausgedehnt wurde, wenig Anklang fand. Selbst die im Jahr 1815 von Gay-Lussac gemachte Entdeckung des Cyans und die Erforschung seiner Verbindungsverhältnisse, durch welche dargethan wurde, daß sich ein zusammengesetzter Körper wie ein einfacher verhalten könne, diente nicht zur Aufklärung der rationellen Zusammensetzung anderer organischer Verbindungen, sondern man verwies vielmehr das Cyan und seine Verbindungen, gleich dem im Jahre 1816 von Ampère aus Gründen der Analogie aufgestellten Ammonium, in die unorganische Chemie. Jedoch wurde Berzelius schon im Jahr 1819 durch die Ueberzeugung, daß die elektrochemische Theorie (vergl. §. 14) am besten zur Erklärung der chemischen Thatsachen geeignet sei, und dieser zufolge alle Verbindungen als binäre betrachtet werden müssen, auf die Ansicht nothwendigerweise hingeführt, daß die einfacheren organischen Verbindungen Oxyde von zusammengesetzten Radikalen, welche aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff bestehen, und jene elektrochemisch in einen elektropositiven und einen elektronegativen Bestandtheil theilbar seien, der Sauerstoff aber, wenn dieser vorhanden sei, auch wohl ganz den einen näheren, die übrigen Elemente aber, zu einem Ganzen vereinigt, den anderen Bestandtheil bilden können. Durch diese Betrachtungsweise kam man also wieder auf die frühere Ansicht zurück, daß alle sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen Oxyde eines Radikals seyen, eine Ansicht, der zu Folge Berzelius noch im Jahr 1833 den Weingeist und den Aether als die Oxyde zweier verschiedenen Radikale betrachtete. Inzwischen, im Jahre 1828, waren die zusammengesetzten Aetherarten, die man schon früher als den Salzen ähnlich betrachtete, von Dumas und Boullay d. J. in Untersuchung genommen worden, der und der früher von Gay-Lussac geäußerten Ansicht über die Zusammensetzung des Weingeistes und Aethers zu Folge diese Chemiker die Aetherarten als Verbindungen von ölbildendem Gas, Wasser und Sauerstoffsäure (analog

der Annahme, daß die Ammoniaksalze aus Ammoniak, Wasser und Säure) oder aus Aether und Säure (Ammoniaksalze als Verbindungen von Ammoniumoxyd und Säure ansehend) betrachtet werden können, und hierdurch die Vergleichung zwischen den Aetherarten und den Ammoniaksalzen klar und erschöpfend gezeigt wurde. Die wichtigste Entdeckung in der organischen Chemie wurde aber im Jahr 1832 von Liebig und Wöhler bei der Untersuchung des Bittermandelöles gemacht, indem sich hierbei herausstellte, daß in demselben ein Theil seiner Elemente unter sich durch stärkere Verwandtschaft vereinigt ist, als mit den anderen Elementen, daß dieser Complex zusammenbleibt, während der andere Theil durch andere Elemente ersetzt werden kann, daß dieser Complex von Elementen sich wie ein einfacher unorganischer Körper verhält, und daß alle Substanzen, welche diesen Complex unverändert enthalten, etwas Gemeinsames, z. B. Das haben, aus ihnen eine bestimmte organische Verbindung wieder darzustellen. Es war hiermit der Begriff eines zusammengesetzten Radikales festgestellt und zugleich ein aus drei Elementen bestehendes, das Benzoyl, nachgewiesen worden. Alsbald wurde nun auch das Cyan als ein zusammengesetztes Radikal der organischen Chemie angereihet, Aether als das Oxyd eines Kohlenwasserstoffes, der Weingeist als ein Hydrat desselben und die zusammengesetzten Aetherarten als Sauerstoffsalze dieses Oxydes anerkannt und durch weitere Forschungen die Zahl der zusammengesetzten Radikale bedeutend vergrößert, wodurch die Bezeichnung „Chemie der zusammengesetzten Radikale" statt der früher gebräuchlichen „organischen Chemie" gerechtfertigt wird.

Anhang zu §. 830.

Dumas fand, daß das Terpenthinöl bei der Behandlung mit Chlorgas eben so viele Maaße Chlorgas aufnimmt, als ihm durch einen anderen Theil Chlor-Maaße Wasserstoffgas entzogen werden (eine Beobachtung, die übrigens schon früher von Gay-Lussac am Wachs beobachtet worden war), und entwickelte in Folge dieser und anderer Untersuchungen zuerst im Jahre 1834 die Substitutionslehre, die ihn nach mehrfachen, durch weitere Untersuchungen bedingte Abänderungen im Jahre 1840 zu der Typenlehre führte. Die Grundzüge dieser beiden Lehren sind:

a) der Substitution;

1) einer organischen Verbindung kann ein Bestandtheil theilweise entzogen werden, ohne daß er durch einen anderen ersetzt würde, und jene geht daher in einen anderen Typus über;

2) in den meisten Fällen aber wird der entzogene Bestandtheil durch ein Aequivalent des einwirkenden Stoffes ersetzt, und es tritt eine Substitution ein; es können nicht bloß Wasserstoff, sondern auch Sauerstoff, Stickstoff und alle übrigen Bestandtheile, selbst Kohlenstoff (?) durch ein Aequivalent eines anderen Elementes oder selbst einer Verbindung substituirt werden;

3) in noch anderen Fällen tritt aber an die Stelle des entzogenen Stoffes mehr als ein Aequivalent des anderen;

b) der Typen;

1) Verbindungen, welche dieselbe Zahl von Aequivalenten in derselben wechselseitigen Stellung vereinigt enthalten, und welche dieselben Fundamentaleigenschaften besitzen, gehören zu demselben chemischen Typus. Bei der nach a) 2) erfolgten Substitution geht daher eine Verbindung in eine andere desselben chemischen Typus über;

2) die Verbindungen eines und desselben chemischen Typus zeigen vorzüglich dadurch in den Haupteigenschaften Uebereinstimmung, daß sie bei ihren Zersetzungen analoge Produkte liefern;
3) halten zwei Verbindungen, von denen die eine aus der anderen durch Substitution gebildet sein kann, zwar dieselbe Zahl von Aequivalenten, auf dieselbe Art vereinigt, sind sie aber mit auffallend verschiedenen chemischen Eigenschaften begabt (theils sauer, theils basisch, theils neutral), so kann man sie nicht mehr zu demselben chemischen Typus rechnen, aber wohl noch zu demselben mechanischen oder Molecular-Typus; sie bilden doch noch eine natürliche Familie.

Die Lehre von der Substitution und den Typen hat zwar für den ersten Blick viel Anziehendes; jedoch lassen sich bei näherer Betrachtung eine Menge Thatsachen und Gründe anführen, die ihr wenigstens jetzt noch nicht eine allgemeine Aufnahme in die Wissenschaft gestatten. Am meisten wurde sie von französischen Chemikern angenommen, und besonders von Laurent, welcher bereits seit dem Jahr 1835 durch seine Entdeckungen, daß in vielen organischen Verbindungen der Wasserstoff durch ein Aequivalent Chlor oder Brom vertreten werden könne, weiter ausgebildet, und hieraus seine Kerntheorie entwickelte, deren Grundzüge (nach L. Gmelin) folgende sind:

1) Die Atome der organischen Verbindungen sind theils Kerne, theils Verbindungen der Kerne mit verschiedenen, sich außerhalb an die Kerne anlegenden Stoffen;
2) die Kerne sind Zusammenhäufungen von Kohlenstoffatomen mit den Atomen einiger anderen Elemente, nach einer für jede Art von Kern bestimmten Zahl und Ordnung, zu mathematischen Figuren;
3) die Zahl der Kohlenstoffatome im Kerne ist eine paare, eben so die Zahl der übrigen Kernatome, und also auch die Zahl sämmtlicher Kernatome;
4) die Zahl der Kohlenstoffatome im Kerne steht, mit wenigen Ausnahmen, in einem einfachen Verhältnisse zur Zahl der übrigen Kernatome;
5) halten die Kerne neben Kohlenstoff bloß Wasserstoff, so heißen sie Stammkerne. Sind dagegen ein oder mehrere oder alle Wasserstoffatome durch Atome anderer Elemente und gewisser unorganischer und organischer Verbindungen vertreten, welche genau dieselbe Stelle im Kerne einnehmen, wie die Wasserstoffatome in den Stammkernen, so heißen sie abgeleitete Kerne;
6) die Elemente, welche die Wasserstoffatome in dem Kerne öfters zu vertreten pflegen, sind Sauerstoff, Stickstoff, Chlor, Brom, Jod und Metalle;
7) wenn sich an die Stelle des Wasserstoffes Verbindungen in den Kern setzen, so kommt an die Stelle von je einem Atom Wasserstoff ein Atom der Verbindung;
8) solche Verbindungen, die den Wasserstoff in dem Kerne vertreten können, sind: die Untersalpetersäure (NO_4), das Imid (HN), das Amid (H_2N), das Ammoniak (H_3N), das Cyan (C_2N), das Arsid (AsH_2) u. s. w.;
9) wenn sich ein Kern durch Einwirkung verschiedener Stoffe in einen anderen verwandelt, ohne hierbei Kohlenstoff zu verlieren, so darf man die neue Verbindung nicht durch eine Formel darstellen, in welcher im Kern eine andere Menge von Kohlenstoffatomen angenommen wird, als zuvor. Wenn dagegen ein Theil des Kohlenstoffs, z. B. in Gestalt von Kohlensäure, aus dem Kern austritt, so kann nicht mehr der alte Kern, sondern ein Kern mit geringerer Zahl von Kohlenstoffatomen, also auf einer niedrigeren organischen Stufe stehend, oder eine Verbindung eines solchen

Kernes mit daran gelagerten Stoffen übrig bleiben. Wenn bei Zersetzungen angenommen werden kann, daß der dem Kern entzogene Wasserstoff u. s. w. durch eine gleiche Atomzahl Chlor u. s. w. ersetzt wird, so bleibt der Kern der alte, wird aber mehr oder weniger in einen abgeleiteten übergeführt. In Fällen hingegen, wo dem Kerne Wasserstoff, Chlor u. s. w. ohne Ersatz entzogen wird, muß, wenn hierbei eine organische Verbindung übrig bleibt, diese zu der Reihe eines anderen Kerns gehören. — Dadurch, daß eine gewisse Atomzahl Wasserstoff des Stammkerns durch Chlor, Brom oder Jod vertreten wird, ändern sich seine Eigenschaften weniger, als bei der Vertauschung eben so vieler Wasserstoff mit Sauerstoff, Untersalpetersäure oder Amid. Uebrigens sind alle Kerne neutral, auch wenn sie Sauerstoff, Chlor, Brom, Jod, Untersalpetersäure u. s. w. enthalten;

10) Alle abgeleiteten Kerne gehören zu der Reihe des Stammkernes. Sie haben alle denselben Typus, d. h. es ist in allen diejenige Zahl Kohlenstoffatome mit derselben Zahl anderer Atome auf dieselbe Weise zu derselben mathematischen Form zusammengefügt;

11) indem sich aber häufig an die Kerne die Atome verschiedener Elemente außerhalb anlagern, so entstehen mehrere, zu derselben Reihe gehörige neue Typen, die je nach der Zahl und der Natur dieser außen angelagerten Atome verschieden sind. Die Zahl der sich außen anlagernden Atome ist bis auf sehr seltene Ausnahmen eine paare, 2, 4 oder 6, selten mehr Atome;

12) vom Wasserstoff treten selten zwei Atome zum Kerne, wie z. B. das Sumpfgas (C_2H_4) als C_2H_2, 2 H zu betrachten ist;

13) hinsichtlich der Verbindungen der Kerne mit Chlor, Brom, Sauerstoff u. s. w. sind zwei Ansichten möglich. Früher erklärte sich Laurent dafür, daß sich mit einem Stammkern, als solchem, kein Chlor oder Sauerstoff verbinden könne, daß er erst durch Substitution eines Theils des Wasserstoffes durch Chlor oder Sauerstoff in einen abgeleiteten Kern übergehen müsse, um Chlor, Sauerstoff, Salzsäure oder Wasser außerhalb des Kerns binden zu können.

Wenn sich z. B. ölbildendes Gas (C_4H_4) mit zwei Atomen Chlor zu dem Oel des ölbildenden Gases ($C_4H_4Cl_2$) verbindet, so kann man dieses Oel entweder nach Laurent's früherer Ansicht betrachten als C_4H_3Cl, ClH, oder nach seiner jetzigen als C_4H_4, Cl_2. Eben so läßt sich die Verbindung des Naphthalins mit zwei Atomen Chlor durch $C_{20}H_7Cl$, ClH und durch $C_{20}H_8$, $2\,Cl$ ausdrücken. — Für die ältere Ansicht spricht der Umstand, daß obige Verbindungen beim Erhitzen, so wie bei der Behandlung mit Kali ein Atom Salzsäure, aber nicht zwei Atome Chlor verlieren, indem sie in die abgeleiteten Kerne C_4H_3Cl und $C_{20}H_7Cl$ übergehen. Dann muß aber auch diejenige Naphthalinverbindung, deren rohe Formel $C_{20}H_6Cl_2Br_4$ ist, als $C_{20}H_4Cl_2Br_2$, $2\,BrH$ (und nicht als $C_{20}H_6Cl_2$, $4\,Br$) betrachtet werden. Diese entwickelt aber beim Erhitzen auf 150° nicht zwei Atome Bromwasserstoff, sondern vier Atome Brom; es müßte daher nach der älteren Ansicht angenommen werden, die zwei Atome Wasserstoff außerhalb des Kernes treten wieder in diesen zurück, unter Freimachung von zwei Atomen Brom aus demselben.

Eben so sprach Laurent hinsichtlich des Sauerstoffes die Ansicht aus, ein Stammkern könne sich mit Sauerstoff nicht zu einer Säure verbinden, wenn ihm nicht zuvor ein Theil seines Wasserstoffes

durch ein anderes Element ersetzt sei, da es bis jetzt weder gelungen sei, zu einem Stammkern Sauerstoff zu fügen, ohne daß er dabei Wasserstoff verliere, noch durch eine organische Säure den Sauerstoff so zu entziehen, daß der Stammkern übrig bleibe.

Dennoch widerruft Laurent diese frühere Ansicht, weil er es bei den Chlor- und Bromverbindungen des Naphthalins wahrscheinlich gemacht hat, daß diese als $C_{20}H_8, 2\,Cl$ oder als $C_{20}H_8, 2\,Br$ (und nicht als $C_{20}H_7Cl$, ClH oder als $C_{20}H_7Br$, $Br\,H$) zu betrachten seien; es müsse sich daher beim Sauerstoff ähnlich verhalten. So lasse sich auch Bittermandelöl, nach der älteren Ansicht $= C_{14}H_5O, HO$, nach der neueren $= C_{14}H_6, 2\,O$, durch Behandlung mit Schwefelammonium, welches zwei Atomen des Oeles allen Sauerstoff entzieht, in $C_{28}H_{12}$ (Stilben) verwandeln, was schwieriger erklärlich sei, wenn man nach der älteren Ansicht im Bittermandelöl den abgeleiteten Kern $C_{14}H_5O$ annehme.

14) Chlor, Brom, Jod oder Schwefel können sich zu zwei bis sechs Atomen an den Kern anlagern. Sie lassen sich durch Kali entziehen, ohne daß es eines Ersatzes durch einen anderen Stoff bedürfte, entweder so, daß sämmtliches Chlor oder Brom außerhalb des Kernes an das Kali tritt und der unveränderte Kern übrig bleibt, oder so, daß die Hälfte ihrer Außenatome mit einer gleichen Zahl der Wasserstoffatome des Kerns vom Kali aufgenommen wird, während die andere Hälfte der Chlor- oder Bromatome in den Kern tritt, um die Wasserstoffatome zu ersetzen;

15) ein Stammkern oder abgeleiteter Kern kann zwei, vier oder sechs Atome Sauerstoff aufnehmen:

a) durch Aufnahme von zwei Atomen Sauerstoff wird er meistens in ein neutrales Oxyd verwandelt, selten in eine schwach saure Verbindung. Je nachdem ein Stammkern oder ein abgeleiteter Kern sich mit zwei Atomen Sauerstoff verbindet, entsteht ein Protagénide fondamental oder Pr. dérivé;

b) durch Hinzutreten von vier Atomen Sauerstoff zum Kern entsteht eine einbasische Säure. Hierbei muß ein Atom Wasserstoff fähig gemacht werden, sich gegen ein Atom Metall auszutauschen;

c) wenn sechs Atome Sauerstoff sich an einen Kern anlagern, so entsteht eine zweibasische Säure. Hierbei müssen zwei Atome Wasserstoff in den Zustand versetzt werden, daß sie durch zwei Atome Metall vertreten werden können.

16) Es können sich auch an den Kern zwei Atome Wasserstoff und zwei Atome Sauerstoff anlagern, jedoch nicht gerade in der Gestalt von zwei Atomen Wasser, sondern auf eine andere Weise. So entstehen die Alkohole im weiteren Sinn;

17) wenn Sauerstoff oder Chlor innerhalb und außerhalb des Kernes zu sehr zunehmen, so spaltet er sich leicht in zwei Kerne, die bloß noch halb so viel Kohlenstoffatome enthalten, und daher zu einer niedrigeren Reihe gehören. So zerfällt der zur Aetherreihe gehörende Chloral ($C_4HCl_3, 2\,O$) beim Einwirken von Alkalien und Wasser in Ameisensäure ($C_2H_2, 4\,O$) und in Chloroform ($C_2HCl, 2\,Cl$), welche beide zur Palenreihe gehören;

18) die meisten in anderen Typen, wie in Säuren u. s. w. vorkommenden Stammkerne und abgeleiteten Kerne sind auch für sich bekannt; aber auf mehrere Stammkerne schließt man hypothetisch aus der Existenz von abgeleiteten Kernen, und auf mehrere Stammkerne und abgeleitete

Kerne schließt man aus der Existenz einer Reihe von Verbindungen, die sich am besten begreifen lassen, wenn man sie als Verbindungen eines unbekannten Kernes mit anderen Stoffen betrachtet. So ist die Existenz des Palens (C_2H_2) noch nicht mit voller Sicherheit bewiesen; man nimmt es aber an, weil sich hieran viele Verbindungen, wie Sumpfgas (C_2H_2, 2 H), Ameisensäure (C_2H_2, 4 O), Holzäther (C_2H_2, HO), Holzgeist (C_2H_2, 2 HO) u. s. w., am besten anreihen;

19) Einerlei Typen derselben Reihe haben eine gewisse physische und chemische Aehnlichkeit (namentlich auch Isomorphie), wenn auch der Kern des einen neben Kohlenstoff bloß Wasserstoff, der andere aber mehr oder weniger Chlor hält. — Die vier Verbindungen der Phänenreihe ($C_{12}H_6$, 2 O; $C_{12}H_4Cl_2$, 2 O; $C_{12}H_3Cl_3$, 2 O und $C_{12}HCl_5$, 2 O z. B. schmelzen alle sehr leicht und verdampfen ohne Zersetzung, lösen sich kaum in Wasser, aber sehr leicht in Weingeist und Aether. Aber Verbindungen derselben Reihe, welche verschiedenen Typen angehören, zeigen, wenn die Atome auch nur wenig verschieden sind, wesentliche Verschiedenheiten, wie z. B. das Indigblau ($C_{16}H_5NO_2$) und das Indigweiß ($C_{16}H_5NO_2$, H).

§. 831. Alle organischen Körper tragen den Keim der Zersetzung schon deßhalb in sich, daß die Elemente in ihnen nicht aufhören, ihren einfachen Verwandtschaften gegen dritte Körper und unter sich zu folgen, daß also zwischen der das Radikal zusammenhaltenden Verwandtschaft und der des Radikals als Ganzes zu anderen Stoffen einerseits, und jenen einfacheren Verwandtschaften andererseits eine gewisse Spannung (chemische Differenz) besteht, das Ganze aber durch die Einwirkung dritter Stoffe oder solcher Potenzen überhaupt, welche die einfacheren Verwandtschaften in erhöhte Thätigkeit setzen, um so leichter zersetzt wird, um so zusammengesetzter das Radikal ist. Die Veränderlichkeit des zusammengesetzten Radikals kann also zu einer doppelten Art der Zersetzung organischer Körper Veranlassung geben, nämlich einmal zu eigentlichen Zersetzungen, indem durch die Einwirkung dritter Stoffe dem Radikale Bestandtheile entzogen werden, und dieses selbst vernichtet wird, zum anderen aber zu sog. Metamorphosen, wobei unter Mitwirkung äußerer disponirender Umstände nur die Elemente des Radikals selbst eine andere Anordnung erfahren, die in den meisten Fällen aus einem Zerfallen in einfachere Verbindungen (Polymorphose), seltener aus einem Zusammentreten mehrerer Aequivalente eines einfachen Radikals zu einem polymerischen Aequivalente (Symmorphose) besteht. Die Zersetzungsprodukte der organischen Körper führen demnach zu einer genaueren Würdigung ihrer Natur und Zusammensetzung, und aus jenem sind die Radikale zu suchen oder zu errathen.

Die Zersetzungen der organischen Körper finden statt:

1) Durch atmosphärische Einflüsse, welche man früherhin auch als freiwillige Zersetzungen betrachtete, indem man jene Einflüsse als allgemein verbreitete vernachläßigte. Diese sogen. freiwilligen Zersetzungen werden in Gährung, Fäulniß, Verwesung und Vermoderung unterschieden.

Anmerk. Liebig bezeichnet mit Fäulniß den Act der Zersetzung eines organischen Körpers in und durch Wasser, wobei die Elementaratome der Substanz sich unter einander auf eine neue Weise nach verschiedenen Anziehungen gruppiren, und wobei Wasser theils aufgenommen, theils zersetzt wird. Die Verwesung ist die Zersetzung feuchter organischer Substanzen, unter Zutritt der atmosphärischen

Luft, wobei sich deren Sauerstoff anfangs nur mit dem Wasserstoff der organischen Substanz verbindet, freies Wasser bildet und das Oxyd einer Kohlenwasserstoffverbindung hinterbleibt; der Sauerstoff der meist aber zugleich frei werdenden Kohlensäure rührt aber nicht aus der atmosphärischen Luft her, sondern war bereits zuvor gebunden, und verband sich mit dem Kohlenstoff der organischen Substanz, weßhalb ein sehr kohlenstoffreicher Körper hinterbleiben muß. Durch Veränderung der äußeren Verhältnisse kann aber ein verwesender Körper in Fäulniß und ein faulender in Verwesung übergehen; der gemischte Proceß, durch welchen organische Körper bei mangelhaftem Luftzutritt und Abwesenheit von Wasser nach Art der Fäulniß und Verwesung zersetzt wird, heißt die Vermoderung. Die Arten der Fäulniß oder Verwesung, bei welchen sich gar kein oder wenigstens kein unangenehmer Geruch verbreitet, werden von Liebig als Gährung bezeichnet.

a) Die Gährung zerfällt in die weinige, schleimige, Milchsäure-, Buttersäure- und Essigsäuregährung;

α) die weinige oder geistige Gährung. Die Bedingungen derselben sind: 1) ein gährungsfähiger Zucker, wie Rohrzucker, Krümelzucker (Traubenzucker), Schleimzucker, Schwammzucker und Milchzucker (vergl. Bd. 3, S. 873—892) oder eine Substanz, die einen derartigen Zucker enthält; 2) Ferment oder eine andere, in Zersetzung begriffene Proteïnverbindung (wie Kleber, Eiweiß, Thierfaserstoff, Thierschleim u. s. w. (vergl. Bd. 3, S. 903—928); 3) Wasser in einem bestimmten Verhältnisse zum Zucker und Ferment (bei wenig Wasser tritt zwar unter den übrigen Bedingungen die Gährung ein, wird aber durch den sich bildenden Weingeist wegen seiner größeren Concentration und dadurch bedingte Tödtung des Fermentes bald unterbrochen, während bei zu viel Wasser die Gährung nur langsam vorschreitet und leicht in die saure umschlägt); 4) eine Temperatur zwischen 15° und 25° C. (unter 15° geht die weinige Gährung nur langsam vor sich und hört endlich ganz auf, während sie über 25° leicht in die saure übergeht), und 5) Luftzutritt, wenn die Proteïnverbindungen noch nicht in den Act der Zersetzung übergegangen sind (bei bereits gebildeter Hefe ist ein Zutritt der Luft nicht nothwendig; ist hingegen eine Zuckerlösung nur kleberhaltig, wie z. B. süße Fruchtsäfte, oder soll in derselben durch eine andere stickstoffhaltige Verbindung die Gährung eingeleitet werden, so muß anfangs Luft zu der Flüssigkeit treten können; für die kleberhaltigen Fruchtsäfte ist aber nur eine höchst geringe Menge Sauerstoffgas nothwendig, um den Kleber in Ferment überzuführen und so die Flüssigkeit zur Gährung zu bringen). Sind alle diese Bedingungen gegeben, so tritt die Gährung sehr bald ein; die Flüssigkeit trübt sich, und es steigen fortwährend kleine Luftbläschen in die Höhe, während sich zugleich die Temperatur der Flüssigkeit erhöht. Je nach der Höhe der Temperatur und den übrigen Bedingnissen ist die Gährung in kürzerer oder längerer Zeit beendigt; die Entwicklung der Luftbläschen vermindert sich und hört zuletzt gänzlich auf, während durch Absetzung der Hefe die Flüssigkeit wieder klar wird und nun, statt des früheren süßen, einen geistigen Geschmack angenommen

hat und belebend, in größeren Massen genossen aber berauschend wirkt (in Wein oder Bier umgewandelt ist). Die Produkte der Gährung sind Kohlensäure (vergl. Bd. 3, S. 187—191), Weingeist (vergl. a. a. O. S. 947 rc., wo auch über Wein, Bier und verschiedene geistige Getränke nachzusehen ist), Hefe und etwas Ammoniak. Der Weingeist und die Kohlensäure sind die alleinigen Produkte der Zersetzung des Zuckers, indem der krystallisirte Rohrzucker ($C_{12} H_{10} O_{11}$) noch ein Aequiv. Wasser aufnimmt, der Traubenzucker ($C_{12}H_{14}O_{14}$) aber zwei, der Schwammzucker ($C_{12} H_{13}O_{13}$) nur ein Aequiv. Wasser verliert und in $C_{12}H_{12}O_{12}$ (womit auch die Zusammensetzung des Milchzuckers ausgedrückt wird) übergeht, dann aber durch die Thätigkeit des Fermentes in zwei Aequiv. Weingeist ($2 \times C_4 H_6 O_2$) und vier Aequiv. Kohlensäure ($4 \times CO_2$) zerlegt wird. Die Hefe ist, wenn sie nicht als solche zu der in Gährung zu versetzenden Flüssigkeit gesetzt wurde, das Produkt der Zersetzung des Klebers. Wird hingegen fertige Hefe mit einer Zuckerlösung in Berührung gesetzt, so erleidet sie während der Gährung selbst eine Zersetzung, denn nach beendigter Gährung zeigt sich die am Boden sitzende hefenähnliche Substanz frei von Stickstoff, welcher sich nun, mit Wasserstoff verbunden, als Ammoniak in der Flüssigkeit findet. Neben den genannten Produkten der weinigen Gährung bilden sich hierbei aus verschiedenen Pflanzensäften noch andere verschiedene Körper, wie im Wein Oenanthsäureäther, in den Branntweinarten verschiedene Fuselöle (vergl. Bd. 3, S. 1124 bis 1129);

β) schleimige Gährung. Mit diesem Namen bezeichnete man früher die unvollkommene, völlig abnorme Gährung des Mostes, wobei sich kein Weingeist, sondern eine schleimige Masse bildet, während die Flüssigkeit dabei trübe, dick und fadenziehend wird. Später wurden auch diejenigen freiwilligen Zersetzungsprocesse hinzugezogen, welche in einigen rohrzuckerhaltigen Pflanzensäften bei gewöhnlicher oder bis auf 35—40° gesteigerter Temperatur eintreten und längere Zeit andauern; es entwickeln sich hierbei viel Kohlensäure, Kohlenwasserstoff- und reines Wasserstoffgas, und in der Flüssigkeit findet sich, wenn sie wieder klar geworden, Mannazucker (vergl. Bd. 3, S. 892) und Milchsäure, weßhalb diese Art der Gährung der folgenden untergeordnet werden muß;

γ) Milchsäuregährung. Die Bedingungen derselben sind: 1) eine stickstofffreie Substanz, wie Milchzucker, Dextrin (welche rasch in Milchsäure übergehen), Rohrzucker (bei welchem der Proceß langsamer eintritt) und Stärkmehl (welches nur spät in Zersetzung übergeht und, wie der Rohrzucker, nicht erst in Krümelzucker übergeführt wird); 2) ein stickstoffhaltiges, in Zersetzung begriffenes Ferment, wohin alle fetthaltigen Proteïnverbindungen und selbst die leimgebenden Gewebe, nachdem sie im feuchten Zustand einige Zeit der Luft ausgesetzt waren, gehören. Der Grad der Zersetzung des Ferments bedingt lediglich die Umwandlung der oben genannten Körper; so kann z. B. Diastase, welche eine in beginnender Zersetzung begriffene Proteïnverbindung ist, Stärkmehl in Dextrin und Zucker, bei weiterer

Zersetzung in Milchsäure, bei noch weiter gesteigerter Zersetzung in Buttersäure, im letzten Stadium der Zersetzung aber Zucker in Weingeist und Kohlensäure verwandeln. Proteïnverbindungen, welche kein Fett enthalten, leiten keine Milchsäuregährungen ein, während diese durch fettfreie thierische Häute und Leim verursacht werden kann; 3) Wasser in gehöriger Menge; 4) eine etwas mehr als mittlere Wärme, am zweckmäßigsten eine zwischen 30 und 40° liegende Temperatur (bei 100° wird die Milchsäuregährung völlig unterbrochen, die aber nach der Abkühlung in 1—2 Tagen wieder eintritt); 5) Zutritt von Sauerstoff, insofern dieser wie bei der Weingährung die Zersetzung des als Ferment dienenden Körpers bedingt (weßhalb z. B. mehrere Tage an feuchter Luft gelegene Diastase auch ohne allen Zutritt von Sauerstoff Stärkmehl oder Zucker in Milchsäure verwandelt). Sind diese Bedingungen gegeben, so tritt die Milchsäuregährung ein, die nichts Anderes als ein Fäulnißproceß ist, indem sich die Elemente der stickstofffreien Substanzen nur so umlagern, daß unter Aufnahme von Wasser Milchsäure (vgl. Bd. 3, S. 518—519) oder diese und Mannit gebildet wird, wobei sich kein Gas entwickelt, wenn nicht zugleich ein anderer Zersetzungsproceß mit der Milchsäuregährung vereinigt ist. Das Ferment behält so lange die umwandelnde Kraft, als noch unzersetztes Proteïn und unzersetztes Fett oder unveränderte Leimsubstanz vorhanden ist; die Proteïnverbindungen werden dabei in Proteïnoxyde und andere Zersetzungsprodukte, die Fette in Fettsäuren verwandelt. Wird der Gehalt der Flüssigkeit an Milchsäure zu groß, so kann, wie z. B. bei der Umwandlung des Milchzuckers in Milchsäure durch Käsestoff, ein Theil der stickstofffreien Substanz unverändert bleiben, indem die gebildete Säure das noch unzersetzte Ferment vor der weiteren Zersetzung schützt; wird hingegen die Flüssigkeit wiederholt mit einem Alkali gesättigt, so findet die Umwandlung bis zur vollständigen Zersetzung des Fermentes statt;

δ) Buttersäuregährung. Die Bedingungen derselben sind: 1) Milchsäure oder irgend eine Substanz, aus der nach 1, a, γ Milchsäure erzeugt werden kann; 2) Ferment, wie zuvor, aber in einen Grad der Zersetzung; 3) Wasser in gehöriger Menge; 4) eine mittlere Temperatur (die Buttersäurebildung findet jedoch noch bei 10° statt); 5) Luftzutritt nur in sofern, als bis die Gährung eingeleitet ist. Sind diese Bedingungen gegeben, so verwandelt sich die zuerst entstehende Milchsäure ($C_{12} H_{12} O_{12}$) unter Entwicklung von Kohlensäuregas und Wasserstoffgas in Buttersäurehydrat ($2 C_{12} H_{12} O_{12} = 4 CO_2 + 4 H + C_8 H_7 O_3, HO$), welches von Zeit zu Zeit durch ein Alkali gesättigt werden muß, wenn der Fortgang der Gährung nicht verhindert werden soll (über Buttersäure vergl. Bd. 3, S. 508);

ε) Essigsäuregährung oder saure Gährung. Die Bedingungen derselben sind: 1) Weingeist, jedoch scheint auch Zucker unmittelbar in dieselbe übergehen zu können; 2) Ferment, welches jedoch kein stickstoffhaltiges zu sein braucht, indem schon kleine Mengen von Essigsäure oder eine Pflanzensäure hinreichend ist, die saure Gährung hervorzurufen; 3) Wasser in hinreichender Menge, indem nur damit verdünnte geistige Flüssigkeiten sich

säuern; 4) eine mehr als mittlere Temperatur, am besten zwischen 30 und 35°, bei der Schnellessigfabrikation bei 38 und 40°; 5) Zutritt von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft, welcher gleichmäßig und fortdauernd gewährt sein muß, weßhalb man der zu säuernden Flüssigkeit eine möglichst große Oberfläche giebt und gehörigen Luftwechsel einleitet. Sind diese Bedingungen gegeben, so treten bei der langsam verlaufenden Gährung ziemlich dieselben Erscheinungen ein, wie bei der Weingährung; die Flüssigkeit wird nämlich trübe, die Temperatur steigt, Kohlensäure wird in kleinen Bläschen entwickelt, auf der Oberfläche bildet sich eine faserige Haut und Essigmutter (eine gallertartige Substanz, welche sich bei der mikroskopischen Untersuchung, aus einer Schimmelpflanze [Mykoderma Aceti Pers. oder Hygrocrocis Ag.] bestehend, zeigt, und sich sowohl im gewöhnlichen, nur noch einige Salze, Gummi, Zucker, und besonders etwas Proteïn enthaltenden Essig, als auch in solchem, in welchem Vegetabilien aufbewahrt werden, erzeugt und nach der Formel $C_{136} H_{115} N_5 O_{96}$ zusammengesetzt ist, was die Zusammensetzung des Proteïns ($C_{40} H_{31} N_5 O_{12}$) + 4 Aequiv. Cellulose (4 $C_{24} H_{21} O_{21}$) ausdrückt; wirklich kann durch concentrirte Essigsäure und verdünnte Kalilauge Proteïn ausgezogen und Cellulose unlöslich hinterlassen werden) setzt sich ab. Bei der sog. Schnellessigfabrikation oder bei der Einwirkung des Weingeistes auf Platinmohr wird hingegen keine Kohlensäure gebildet, da diese nur ein Zersetzungsprodukt anderer beigemengter organischer Substanzen ist. Der Weingeist nimmt nur Sauerstoff auf und verwandelt sich in Essigsäure (vergl. Bd. 3, S. 545 bis 559) und Wasser ($C_4 H_6 O_2 + 4 O = C_4 H_3 O_3 + 3 HO$); der Proceß ist also theilweise eine Oxydation oder Verbrennung des Weingeistes. Tritt nicht hinreichend Sauerstoff zu der geistigen Flüssigkeit, so verwandelt sich deren Weingeist nicht oder nur unvollständig in Essigsäure, sondern in Aldehyd (vergl. Bd. 3, S. 985—988) und Wasser ($C_4 H_6 O_2 + 2 O = C_4 H_4 O_2 + 2 HO$), welcher erstere an der Luft in Aldehydsäure (vergl. Bd. 3, S. 989), und diese durch weitere Aufnahme von Sauerstoff in Essigsäure verwandelt wird, wornach es wahrscheinlich ist, daß der Weingeist bei der sauren Gährung nur gradweise in Essigsäure übergeht;

b) Verwesung, Fäulniß und Vermoderung. Die Bedingungen dieser drei verwandten Processe sind:

α) eine Temperatur über 0°. Unter dem Gefrierpunkt findet keine der genannten Arten von Zersetzung statt, weßhalb sich alle organischen und organisirten Substanzen dabei am besten erhalten; wenige Grade über dem Gefrierpunkt sind kaum Spuren von Zersetzung wahrnehmbar, während aber schon über 10° Fäulniß und Verwesung beginnen, schnell sich fortpflanzen und schleunig beendigen;

β) die Gegenwart von Wasser. Wirkliche Fäulniß kann nur unter Wasser stattfinden, wodurch der reichliche Zutritt des Sauerstoffs verhindert wird und jenes selbst mit in die Zersetzung eingeht. Jedoch ist auch bei der Verwesung die Gegenwart des Wassers nothwendig, und deßhalb werden organische Körper

gegen allerlei Zersetzung geschützt, wenn man ihnen das Wasser entzieht, wie dieses durch Austrocknen oder durch Anwendung verschiedener Körper, welche das Wasser der organischen Substanz anziehen, geschieht;

γ) der Zutritt der atmosphärischen Luft. Die Gegenwart dieser oder vielmehr des in ihr enthaltenen Sauerstoffes ist zur Hervorrufung der der Verwesung eigenthümlichen Eigenschaften unbedingt nothwendig, da diese nichts Anderes, als ein langsamer Oxydationsproceß ist. Zur Fäulniß scheint zwar der Zutritt des Sauerstoffes nicht erforderlich zu sein, da sie durch Umhüllung der organischen Substanz mit Wasser verhindert werden kann; allein es geht auch kein Körper in Fäulniß über, der nicht vorher entweder durch eine theilweise Verwesung oder durch Berührung mit einer verwesenden Substanz dazu disponirt worden sei. Der Sauerstoff scheint überhaupt den ersten Anstoß zur Umänderung der Elementengruppirung in den organischen Substanzen zu geben, da Körper, welche entweder auf mechanische Weise den Luftzutritt verhindern, wie z. B. durch Umhüllung der organischen Substanzen mit Wachs, Fett, Oel u. s. w., oder die den hinzutretenden Sauerstoff binden, wie Stickstoffoxydgas, schwefelige Säure, Schwefelblumen, Eisenfeilspäne u. s. w., die Zersetzung verhindern und zur Erhaltung organischer Substanzen verwendet werden. Auch werden diese gegen Verwesung und Fäulniß geschützt, wenn man sie in luftdicht verschlossenen Gefäßen kurze Zeit einige Grade über den Siedpunkt des Wassers erhitzt, wobei der eingeschlossene Sauerstoff sich mit der organischen Substanz verbindet und so unfähig gemacht wird, die Verwesung und die daraus folgende Fäulniß einzuleiten;

δ) die Berührung mit bereits in Verwesung begriffenen Körpern. Viele stickstofffreie organische Substanzen zersetzen sich nicht im reinen Zustand, selbst wenn sie mit Wasser und reiner (durch Glühen von allen organischen Materien befreiter) Luft in Berührung stehen; ist aber ein bereits verwesender Körper dazu gegeben, so tritt die Verwesung oder Fäulniß ein. Besonders aber sind es die stickstoffhaltigen Körper, welche theils wegen ihrer mannigfaltigen Zusammensetzung, theils wegen der mannigfaltigen Anziehung ihrer Elemente selbst sehr zur Zersetzung geneigt sind, in anderen Substanzen solche Zersetzungen anregen. Die stickstoffhaltigen Substanzen sind meist Gemenge verschiedener Körper, so daß in ihnen um so leichter die mannigfachen Verwandtschaften der verschiedenartigen einfachen und zusammengesetzten Radikale ins Spiel kommen, weßhalb Flüssigkeiten, die mehr als eine organische und namentlich auch eine stickstoffhaltige Substanz gelöst enthalten, zur Verwesung und Fäulniß um so geneigter sind, und diese Zersetzungen anderen für sich unlöslichen Körpern mittheilen. Entfernung solcher Flüssigkeiten durch Waschen der festen Theile mit reinem Wasser oder Austrocknen in scharfem Luftzug bewirken, daß die Verwesung weniger leicht stattfindet, da hierdurch die der Zersetzung fähigen oder bereits in Zersetzung übergegangenen Körper weggeführt oder sogleich zerstört werden. In letzterer Weise muß auch die fäulnißwidrige Wirkung des Chlors, Chlorkalkes und der Chlorsäure

zu erklären sein und die einiger anderer Substanzen, wie der Mineralsäuren, des Holzessigs, Gerbstoffes, der arsenigen Säure, des Quecksilberchlorides, salpetersauren Silberoxydes, Zinnchlorürs, schwefelsauren Eisenoxydes u. s. w. einen ähnlichen Grund haben, indem diese Körper wohl zunächst die Umsetzung einiger in einem Körper enthaltenen leicht zersetzbaren Substanzen durch die chemische Verbindung mit denselben und dadurch bewirkte festere Zusammenhaltung ihrer Elemente verhindern. (Man war früherhin der Ansicht, daß die bei der Fäulniß organischer Körper an der Luft sich bildenden vegetabilischen oder animalischen Organismen, Infusorien und Vibrionen, die wesentliche Bedingung der Fäulniß seien; jedoch wurde später dargethan, daß namentlich die Vibrionen zwar die Fäulniß sehr beschleunigen und diesen Proceß wesentlich modificiren, aber keineswegs die alleinigen Erreger der Fäulniß sind, als solche vielmehr die fauligen Effluvien zu betrachten sind.)

Die Art und Menge der Produkte der Zersetzung organischer Körper durch die Fäulniß oder Verwesung sind verschieden theils nach den Verhältnissen, unter denen die Umsetzung stattgefunden, theils nach der Verschiedenheit der Zusammensetzung einer jeden organischen Substanz. Bei der Verwesung stickstofffreier organischer Körper verbindet sich zunächst ein Theil des Wasserstoffes derselben mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft zu Wasser, später entweder ein Theil des Kohlenstoffes mit einem entsprechenden Theil des in der organischen Substanz gebundenen Sauerstoffes und entweicht als Kohlensäure; oder die organische Substanz nimmt noch Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft auf und verwandelt sich in eine höhere Oxydationsstufe (bei der Verwesung vegetabilischer Substanzen findet mitunter eine so rasche und starke Absorption des Sauerstoffes statt, daß durch die Verdichtung desselben die Temperatur bedeutend erhöht, ja, wie z. B. bei feuchtem Heu, Mehl u. s. w., bis zur Entzündung gesteigert wird). Bei der Fäulniß stickstofffreier organischer Körper wirken die Elemente der organischen Substanz in Verbindung mit denen des Wassers auf einander, indem der Kohlenstoff sich meist in den Sauerstoff und Wasserstoff der organischen Substanz und des Wassers theilt und neben Kohlensäure verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen oder Oxyde derselben entstehen. Die Vermoderung organischer Substanzen findet bei unvollkommenem Luftzutritt und Mangel an Wasser, z. B. bei unter der Erdoberfläche verschütteten feuchten Vegetabilien statt. Steinkohlen und Braunkohen sind nur Produkte der Vermoderung ungeheurer Gewächse der Vorwelt. Ist im Anfang der Zersetzung jener Massen Sauerstoff vorhanden gewesen, so ist nach den Gesetzen der Verwesung ein Theil oder aller Wasserstoff entzogen worden und später erst erzeugten sich, wahrscheinlich unter Mithülfe einer höheren Temperatur, die großen Mengen von Kohlensäure, wie sie sich jetzt noch häufig aus Kohlenflötzen entwickeln. War hingegen die Luft schon vom Anfang der Zersetzung ausgeschlossen, so bildete sich eine größere Menge von Kohlenwasserstoff, wie es jetzt noch als Grubengas auftritt. — Die freiwillige Zersetzung der stickstoffhaltigen organischen Körper sind im Allgemeinen denselben Gesetzen unterworfen, die sich bei der Zersetzung stickstofffreier Körper kund geben, nur daß bei jenen zugleich die besonderen Anziehungen des

Stickstoffes zum Wasserstoff ins Spiel kommen. Wegen dieser Anziehung des Stickstoffes zum Wasserstoff und der dadurch bedingten Zersetzung des Wassers sind aber auch die thierischen Substanzen viel mehr zur Fäulniß als zur Verwesung geneigt; nur bei sehr reichlichem Luftzutritt wird die Bildung des Ammoniaks verhindert und Stickstoff abgeschieden, der bei Gegenwart einer starken Basis sich mit Sauerstoff zu Salpetersäure verbindet. Bei der wahren Fäulniß der stickstoffhaltigen Substanzen verbindet sich zwar der Kohlenstoff auch mit Sauerstoff und Wasserstoff zu Kohlensäure, Kohlenwasserstoffen und deren Oxyden, aber immer herrscht die Bildung des Ammoniaks vor, wozu sich noch bei Gegenwart von Schwefel und Phosphor Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff gesellen und den höchst unangenehmen Geruch faulender Körper bedingen. Die Zersetzungsprodukte dieser Körper sind wegen ihres Stickstoffgehaltes weit mannichfaltiger als die der stickstofffreien Substanzen. Es mag mehrere Perioden geben, wo sich aus den Zersetzungsprodukten neue Körper bilden, bis sich diese zuletzt in Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und eine dem Humus ähnliche Substanz verwandeln.

Die merkwürdigsten Produkte der freiwilligen Zersetzung organischer Stoffe sind die Bd. 3, S. 860 angeführte Huminsäure, Ulminsäure und Geïnsäure, die S. 858 und 859 beschriebene Quellsäure und Quellsatzsäure (die richtige Zusammensetzung der ersteren entspricht der Formel $C_{24}H_{12}O_{16}$, die der letzteren der Formel $C_{48}H_{12}O_{24}$) und die S. 856 und 857 beschriebene Honigsteinsäure. (Wird honigsteinsaures Ammoniak so lange auf 150° erhitzt, als noch Ammoniak entweicht, so verwandelt es sich in zwei neue stickstoffhaltige Körper, in Paramid und in das Ammoniaksalz einer neuen Säure, der Euchronsäure. Das Paramid, C_8HNO_4, ist weiß, amorph, geruch- und geschmacklos, in Wasser, Weingeist, Salpetersäure und Königswasser nicht, nur in heißer Schwefelsäure löslich, verkocht beim Erhitzen, verwandelt sich beim langen Kochen mit vielem Wasser in saures honigsteinsaures Ammoniak und wird durch Behandlung mit wässerigen Alkalien in Honigsteinsäure und Ammoniak zersetzt. Die aus dem Ammoniaksalze durch Salpetersäure abzuscheidende Euchronsäure ($C_{12}NO_6$, 2 Aq.) krystallisirt in geschobenen vierseitigen Prismen, reagirt sauer, löst sich wenig in kaltem, leicht in heißem Wasser, verliert bei 200° die 2 Aequiv. Wasser und wird bei höherer Temperatur zersetzt; sie geht im verschlossenen Raum mit Wasser bis 200° erhitzt in saures honigsteinsaures Ammoniak über und wird nicht durch Kochen mit Salzsäure oder Salpetersäure zersetzt. Ihre Lösung verursacht auf Zink einen prächtig blauen Ueberzug, der nach der Ablösung durch Salzsäure beim gelindesten Erhitzen wieder in weiße Euchronsäure übergeht.)

2) Zersetzung organischer Körper durch erhöhte Temperatur. Nur wenige organische Verbindungen sind so beständig, daß sie beim Erhitzen als Ganzes verflüchtigt werden; die größere Zahl derselben erleiden hingegen bei der Einwirkung einer höheren Temperatur mehr oder minder verzweigte Zersetzungen. Manche Substanzen erleiden schon beim gelinden Erwärmen eine Umänderung, die durch eine Umlegung ihrer Elemente bedingt ist, wie z. B. der Rohrzucker beim Schmelzen in Schleimzucker, das Stärkmehl beim Rösten in Gummi

verwandelt wird, während andere zu ihrer Zersetzung oder Umänderung einer höheren Temperatur und viele flüchtige Körper sogar der Glühhitze bedürfen. Im Allgemeinen läßt sich annehmen, daß dabei die Umwandlung organischer Körper denselben Gesetzen folgt, die sich bei der Fäulniß kund geben, besonders wenn die Zersetzung durch erhöhte Temperatur im Wasser oder im feuchten Zustand stattfindet. Enthalten die organischen Substanzen kein Wasser als solches, so findet (ganz wie bei der Fäulniß) bei der Erhitzung entweder eine Theilung des Kohlenstoffes in den Sauerstoff und Wasserstoff der Substanz statt, wobei sich Kohlensäure, Kohlenoxyd und eine den ganzen Wasserstoff enthaltende Substanz bildet, oder der Sauerstoff bildet mit einem Theil Kohlenstoff und Wasserstoff Kohlensäure und Wasser, während Kohlenstoff und Kohlenwasserstoffverbindungen abgeschieden werden. Jedoch wirkt die Wärme besonders bei Abwesenheit von Wasser und verhindertem Luftzutritt (bei der sog. trocknen Destillation) zugleich disponirend, indem sie vorzugsweise die Bildung solcher Substanzen bedingt, die bei höherer Temperatur luftförmig sind. In Beziehung dieser disponirenden Kraft der Wärme lassen sich im Allgemeinen gewisse Perioden der Zersetzung unterscheiden. In der ersten Periode, bei Anwendung der geringsten Hitzgrade, entstehen gewöhnlich neben Wasser und Kohlensäure entweder sog. Brenzsäuren, die gewöhnlich ein einfacheres Radikal haben, als der zersetzte Körper, oder es bilden sich leicht entzündliche, wasserstoffreiche Verbindungen, die bei gewöhnlicher Temperatur fest und im Allgemeinen als Brandharze oder Brandöle (fettartige Körper u. s. w.) bezeichnet werden. In der zweiten Periode bei gesteigerten Hitzgraden, erleiden diese Körper selbst wieder eine Zersetzung; der Sauerstoff der Brenzsäuren verbindet sich mit einem Theil Wasserstoff zu Wasser, ein anderer Theil mit Kohlenstoff zu Kohlensäure und Kohlenoxyd; es entstehen neue, sauerstoffarme Körper, die noch den Charakter organischer Substanzen haben und Kohlenwasserstoffverbindungen fester, flüssiger und luftförmiger Beschaffenheit sind, während auch Abscheidung von Kohlenstoff stattfindet. In der dritten Periode endlich, bei der höchsten Temperatur, bilden sich nur unorganische Verbindungen, nämlich unter Abscheidung von Wasserstoff und Kohlenstoff Wasser, Kohlensäure, Kohlenoxyd, ölbildendes Gas und Sumpfluft. Jedoch durchlaufen nicht alle Körper bei ihrer Zersetzung durch Wärme diese drei Perioden, indem durch die Mannichfaltigkeit seiner Zusammensetzung und die seiner Radikale ein organischer Körper um so vielfacher, mannichfaltiger und verschiedenartiger bei den verschiedenen Hitzgraden zersetzt wird. Der Proceß der trocknen Destillation beruht nur auf der wiederholten Bildung von Radikalen, die bei der längeren und stärkeren Einwirkung der Hitze immer einfacher werden, bis sie sich endlich zu binären unorganischen Verbindungen constituiren, was besonders für die thierischen, stickstoffhaltigen Substanzen, die meist zusammengesetzte Radikale haben, gilt, und deßhalb bei ihnen die einzelnen Perioden weniger leicht unterschieden werden können; jedoch äußert auch hier, wie bei der Fäulniß, in der ersten Periode der Stickstoff seine Verwandtschaft zum Wasserstoff durch Bildung von Ammoniak.

Die Destillationsprodukte der organischen Säuren sind am genauesten untersucht worden, theils weil ihre Radikale meist einfacher und demnach die Produkte weniger complicirt sind, theils weil ihre Zusammensetzung selbst am genauesten erforscht werden kann. Die

meisten organischen Säuren geben in der ersten Periode der Erhitzung in der Regel neue Säuren mit einem einfacheren Radikal (sog. Brenzsäuren) unter Abgabe von Wasser oder Kohlensäure oder von beiden zugleich, wobei mitunter bei sehr naheliegenden Temperaturgraden sehr wesentliche Unterschiede in den Zersetzungsprodukten stattfinden, wie z. B. Gallussäure bei 210° Pyrogallussäure und Kohlensäure, bei 250° Metagallussäure, Kohlensäure und Wasser, bei 200° Equisetsäure und Wasser, Weinsteinsäure und Traubensäure bei 190° Brenzweinsteinsäure, Wasser und Kohlensäure, bei 200° Brenztraubensäure, Wasser und Kohlensäure geben. Die hierbei gewöhnlich stattfindende geringe Abscheidung von Kohle und Bildung einer bräunlichen öligen Substanz ist durch eine theilweise Zersetzung der gebildeten Brenzsäure bedingt, welche gewiß nur bei der Temperatur flüchtig sind, bei welcher sie gebildet werden, in wenig höherer Temperatur aber zersetzt werden.

Die Destillationsprodukte der Alkaloide sind wegen der complicirten Zusammensetzung der letzteren nur wenig untersucht, haben aber, so weit sie bis jetzt bekannt sind, viel Aehnlichkeit mit denen anderer stickstoffhaltiger Substanzen.

Die Destillationsprodukte der Fette sind genauer untersucht. Werden die Fette und fetten Oele vorsichtig erhitzt, so fangen sie bei 300 bis 320° an, in eine wallende, dem Sieden ähnliche Bewegung zu kommen und Wasserdämpfe zu entwickeln, die als Produkte der ersten Periode zu betrachten sind, da das Fett nach ihrem Entweichen bereits eine Veränderung erlitten hat. Bei etwas höherer Temperatur entwickeln sich Kohlensäure, brennbare Gasarten und Dämpfe, die sich nach der Verdichtung als den einzelnen Fetten entsprechende Fettsäuren (Elainsäure, Margarinsäure und Stearinsäure) erkennen lassen; außerdem bilden sich aber noch Acroleïn und eine besondere Fettsäure. Werden diese Zersetzungsprodukte einer höheren Temperatur ausgesetzt oder die Fette selbst sogleich sehr stark erhitzt, so erfolgt sogleich eine vollkommene Zersetzung, indem sich aus den sauerstoffärmeren Verbindungen fast nur leicht entzündliche Kohlenwasserstoffverbindungen, namentlich ölbildendes Gas, Triyl und Ditetryl, erzeugen (über diese verschiedenen Produkte vergl. Bd. 3, S. 1115—1117).

Die Destillationsprodukte der Harze sind, da letztere als sehr kohlenstoff- und wasserstoffreiche Körper den Fetten sich anschließen, denen der Fette nicht unähnlich. Unterwirft man die Harze vorsichtig der trocknen Destillation, so gehen außer wenig Wasser und den gewöhnlichen gasförmigen Produkten vorzüglich sog. Brandsäuren und Brandöle über, die einerseits wie die Harze selbst nicht in Wasser, leicht in Weingeist löslich sind, meist Lakmus röthen und sich mit Basen verbinden können, anderseits aber in Beziehung auf Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften sehr den in der Natur vorkommenden ätherischen Oelen gleichen. Auch bei schnell gesteigerter Temperatur verhalten sich die Harze wie die Fette, indem sie dabei mit Rücklassung von wenig Kohle in ölbildendes Gas und flüchtige, flüssige und feste Kohlenwasserstoffverbindungen zersetzt werden (über die Produkte der trocknen Destillation der Harze vergl. Bd. 3, S. 810 und 811, 813—817 und 1114 u. 1115 als Nachtrag zu Drachen-

blut a. a. O. S. 835 ist noch anzuführen, daß dasselbe bei der trocknen Destillation außer Kohlensäure und Kohlenoxyd auch Benzoësäure, Essigsäure und ein schwärzlich-rothes Oel giebt, welches durch wiederholte Rectification bei 180° in zwei Kohlenwasserstoffe geschieden wird; der flüssige, das Dracyl, $C_{14}H_8$, ist farblos, von ätherartigem Geruch, brennendem Geschmack und 0,804 spec. Gewicht, entzündlich, luftbeständig, nicht in Wasser, leicht in Weingeist, Aether und Oelen löslich; es wird durch rauchende Salpetersäure in Nitrodracyl, eine schwere, gelbe, nach Bittermandelöl riechende, süße Flüssigkeit, welche nach der Formel $C_{14}H_7NO_4$ (= Nitrobenzoën nach Bd. 3, S. 810) zusammengesetzt ist, und beim Erhitzen mit überschüssiger Salpetersäure in Nitrodracylsäure, $C_{16}H_6NO_8$, verwandelt wird, die in weißen, sternförmig gruppirten Nadeln krystallisirt und mit Basen in der Hitze detonirende Salze giebt; der feste Kohlenwasserstoff, das Draconyl, $C_{14}H_7$, ist weiß, perlmutterglänzend, für sich nicht flüchtig und nicht in Wasser, Weingeist, Aether und Kali, leicht in den Oelen löslich und wird durch rauchende Salpetersäure in Nitrodraconyl, $C_{14}H_6NO_4$, verwandelt, welches eine gelbweiße, käsige, in Wasser, Weingeist, Aether, Säuren und Alkalien unlösliche Substanz darstellt).

Ueber die Destillationsprodukte des Holzes und verschiedener anderer Substanzen vergl. Bd. 3, S. 1080—1124.

3) Zersetzung organischer Körper durch unvollkommene Verbrennung. Alle organischen Körper werden bei hinreichender Hitze und gehörigem Luftwechsel vollständig in rein unorganische Stoffe zersetzt, indem sich der Kohlenstoff und Wasserstoff mit dem Sauerstoff aus dem Körper selbst und der atmosphärischen Luft zu Kohlensäure und Wasser verbinden. Jedoch darf keineswegs angenommen werden, daß sich die Elemente der organischen Körper bei der Verbrennung, selbst bei hinreichendem Zutritt von Sauerstoff, unmittelbar mit demselben verbinden, vielmehr geht der vollständigen Verbrennung erst eine trockne Destillation vorher. Wird nämlich eine organische Substanz, welche zum Heizen oder Leuchten bestimmt ist, durch Anwendung hoher Hitzgrade oder durch einen bereits brennenden Körper entzündet, so wird jene füerst auf eine der trocknen Destillation ganz ähnliche Weise zersetzt und nur die gasförmigen Zersetzungsprodukte sind es, welche sich durch den Zutritt des Sauerstoffes entzünden; fürerst entzünden sich die wasserstoffreicheren Verbindungen und insbesondere verbindet sich deren Wasserstoff zuerst mit dem Sauerstoff und nur erst dann wird der Kohlenstoff von letzterem gebunden, wenn aller Wasserstoff verbrannt ist.

Bei der Verbrennung der gewöhnlichen Leucht- und Brennmaterialien ist der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes meist nicht so stark, daß eine vollständige Verbrennung aller bereits durch die Hitze zersetzten Materie und namentlich des Kohlenstoffes statt fände, weßhalb immer eine große Menge Kohlenstofftheilchen und kohlenstoffreiche Zersetzungsprodukte fortgeführt werden und sich an kälteren Gegenständen in der Form von Ruß niederschlagen; bei der Bereitung desselben läßt man zu verbrennenden Körpern, wie kieniges Holz, Theer oder Harz, absichtlich nur sparsam Sauerstoff zutreten, um die Verbrennung des Kohlenstoffes möglichst zu verhindern. (Ueber die Natur der Flamme vergl. §. 67 d. Bds.)

4) Zersetzung organischer Körper durch Wärme und Wasser. Verschiedene organische Substanzen erleiden durch Behandlung mit siedendem Wasser (oder in verschlossenen Gefäßen bei noch höherer Temperatur) eine Umsetzung ihrer Bestandtheile, die bloß auf einer Störung des Gleichgewichtes in den Anziehungen der Radikale und Elemente, aus welchen die organischen Substanzen zusammengesetzt sind, beruht, da alle derartige Zersetzungsprodukte auch durch stärker wirkende Agentien, namentlich durch Säuren und Alkalien bedingt werden, welche eben nur eine andere Affinität der Elemente rege machen, aber nicht durch die eigene Verwandtschaft zu den Bestandtheilen der organischen Substanzen wirken. Gewöhnlich wird bei derartigen Umänderungen Wasser aufgenommen, wie z. B. bei der Erhitzung des Oxamides in Wasser bis 200° Ammoniak und Oxalsäure ($C_2H_2NO_2 + 2\,HO = C_2O_3 + H_4NO$), bei der des Asparagins bei 150° Ammoniak und Asparaginsäure ($C_8H_8N_2O_6 + Aq. = C_8H_5NO_6 + H_4NO$) u. s. w. entstehen Umänderungen, die auch durch stärkere Basen hervorgerufen werden. Seltner geben die organischen Substanzen beim Erhitzen in Wasser aus ihren Elementen Wasser ab, wie z. B. die Mekonsäure dabei in Wasser, Kohlensäure und Komensäure ($C_{14}H_4O_{14} = 2\,HO + 2\,CO_2 + C_{12}H_2O_8$) zerfällt.

Die meisten indifferenten Pflanzenstoffe werden durch längeres Kochen mit Wasser in Dextrin verwandelt, ohne daß hierbei (wie z. B. beim Stärkmehl) immer Wasser aufgenommen oder abgegeben wird.

5) Zersetzung organischer Körper durch Sauerstoff, Salzzeuger und andere einfache Stoffe. Sauerstoff, sowie die Salzzeuger (Chlor u. s. w.), Kieszeuger (Schwefel u. s. w.) äußern eine verschiedene Wirkung auf die organischen Körper, indem sie sich theils mit deren Radikalen (wie mit Metallen) verbinden, theils dieselben zersetzen. Im ersteren Falle wird oft der Sauerstoff durch Chlor, Schwefel u. s. w. ausgetrieben und statt des Oxydes durch wahre Substitution ein Chlorid, Sulphid u. s. w. desselben Typus gebildet, was namentlich in der Regel bei der Einwirkung der Wasserstoffsäuren auf die betreffenden organischen Oxyde stattfindet (die Benzoësäure [$C_{14}H_5O_2$, O] z. B. kann das dritte Aequiv. Sauerstoff unter geeigneten Umständen entlassen und statt dessen in $C_{14}H_5O_2$, Cl oder $C_{14}H_5O_2$, Br oder $C_{14}H_5O_2$, I oder $C_{14}H_5O_2$, S oder $C_{14}H_5O_2$, Cy verwandelt werden; im Mercaptan [$C_4H_6S_2$] ist der Sauerstoff des Weingeistes [$C_4H_6O_2$] durch Schwefel vertreten). Hieraus ist das Gesetz entwickelt worden, daß in organischen Verbindungen gewisse Elemente oder Theile derselben durch äquivalente Mengen anderer Elemente ersetzt werden können. Jedoch findet nicht immer eine solche Vertretung eines Elementes durch ein anderes ohne Zersetzung des Radikals des organischen Körpers statt, es zerfällt derselbe vielmehr durch Einwirkung von Sauerstoff, Chlor u. s. w. in Oxyde, Chloride u. s. w. einfacherer Radikale und diese werden immer um so einfacher, je weiter die Zersetzung vorschreitet, bis sich zuletzt nur Wasser und Kohlensäure bilden. In den ersten Graden der Zersetzung kann es sich zwar ereignen, daß die Zahl der aufgenommenen Sauerstoff-, Chlor- u. s. w. Aequivalente der der abgeschiedenen Wasserstoffäquivalente gleich ist, wie z. B. aus Aether (C_4H_5O) durch Oxydation Essigsäure ($C_4H_3O_3$), aber auch Aldehydsäure ($C_4H_3O_2$) Ameisensäure, Oxalsäure rc. entstehen kann; aber es darf dieses doch nicht als eine Substitution betrachtet

werden, da hierbei Oxyde verschiedener Radikale entstehen (vergl. ein Weiteres im Anhang zu §. 830). Eine wahre Substitution läßt sich nur in den Fällen annehmen, wo das Verhalten der neuen Verbindung dafür spricht, daß das neue Radikal ganz denselben Typus hat, wie das alte, aber mit dem Unterschied, daß statt einiger Wasserstoffäquivalente Chlor- u. s. w. Aequivalente eingetreten sind. Endlich wirkt das Chlor häufig auf Hydrate organischer Oxyde so, daß es unter Bildung von Salzsäure das Wasser zersetzt und der freigewordene Sauerstoff unmittelbar das Oxyd höher oxydirt oder ein Oxyd eines abgeleiteten Radikals erzeugt. Auch Wasser, welches zur Lösung oder Aufschwemmung eines organischen Körpers dient, kann die Wirkung des Chlors wesentlich modificiren, indem sich der Sauerstoff aus dem Wasser im Moment seines Freiwerdens mit der organischen Substanz nach der eben angedeuteten Weise verbindet oder chlorige Säure entsteht, welche sich mit der unveränderten organischen Substanz zu einer salzähnlichen Verbindung vereinigt.

Wird eine Aethylverbindung ohne Gegenwart von Wasser der Einwirkung des Chlors ausgesetzt, so wird der Wasserstoff der ersteren meist schrittweise verdrängt und durch Chlor substituirt; bei Gegenwart von Wasser wird aber gewöhnlich dieses mit zersetzt und es tritt an die Stelle des der Aethylverbindung entzogenen Wasserstoffes der Sauerstoff des Wassers. Bei der Einwirkung von Chlor auf eine alkalische Proteïnlösung, auf in Wasser vertheiltes Hämatin (Blutfarbstoff) oder auf eine Leimlösung wird das Wasser zersetzt und es bildet sich neben Salzsäure auch chlorige Säure, die sich mit der unzersetzten Substanz zu einer in Wasser und Weingeist unlöslichen Verbindung vereinigt. Trocknes Indigblau wird von Chlor selbst bei 100° nicht verändert; ist jenes aber in Wasser vertheilt, so wird es durch lang anhaltendes Einleiten von Chlorgas in eine gelbe Masse verwandelt, welche bei der Destillation neben Wasser Chlorindopten, $C_8 H_2 Cl_2 O$, und bei der Behandlung des Rückstandes mit siedendem Wasser Chlorisatin, $C_{16} H_4 N ClO_4$ und Bichlorisatin, $C_{16} H_3 N Cl_2 O_4$, giebt (vergl. über diese Verbindungen Bd. 3).

6) Zersetzung organischer Körper durch unorganische Sauerstoffsäuren. Viele organische Körper und Oxyde zusammengesetzter Radikale lassen sich mit Säuren verbinden, so daß dadurch neutrale salzartige Körper entstehen, die aber in vielen Fällen, wie z. B. die Verbindungen des Aethyloxydes, Methyloxydes und ähnlicher Oxyde, die Eigenschaft haben, weder durch einfache oder doppelte Affinität mittels der stärksten Mineralbasen ihren organischen Körper abzugeben. Andere zusammengesetzte Radikale und ihre Oxyde verbinden sich aber mit einer Säure so, daß diese nicht allein sauer bleibt, sondern auch ihre volle Sättigungscapacität gegen die basischen Körper behält, gerade als wenn die organische Substanz gar nicht vorhanden wäre, aber das übrige Verhalten der sauren Verbindung und das deren Salze ist dem der freien Säure und reinen Salze sehr unähnlich; solche saure Verbindungen eines organischen Körpers mit einer Säure heißen gepaarte Säuren und der in ihnen enthaltene organische Körper der Paarling. Häufig sind jedoch in den gepaarten Säuren 2 Aequiv. der Säure mit 1 Aequiv. des Paarlings verbunden, so daß man die Verbindung als ein saures Salz betrachten kann, aus dem sich der Paarling nur schwierig oder gar nicht abscheiden läßt. In anderen

Fällen ist die Hälfte der einwirkenden Säure zersetzt worden und einzelne ihrer Grundstoffe in den Paarling eingetreten, wobei aber die Säure die Hälfte ihrer Sättigungscapacität verloren hat.

Als gepaarte Säuren sind das saure schwefelsaure Aethyloxyd, Methyloxyd und Glyceryloxyd, die Benzoësäure, die Indigschwefelsäure, die Isäthionsäure, Bernsteinschwefelsäure u. m. a. (worüber im dritten Bande bei den betreffenden Paarlingen zu vergleichen ist) zu betrachten. Die Benzoëschwefelsäure ist die Repräsentantin derjenigen gepaarten Säuren, welche die volle Sättigungscapacität der unorganischen Säure behalten hat, die organische Substanz durch kein Mittel unzersetzt abscheidet und mit Baryt und Bleioxyd in Wasser lösliche Salze bildet. Die sauren Verbindungen des Aethyloxydes, Methyloxydes und Glyceryloxydes mit Schwefelsäure repräsentiren diejenigen gepaarten Säuren, in denen die Säure die Hälfte ihrer Sättigungscapacität verloren hat, aber mit Baryt und Bleioxyd lösliche Salze bildet und bei der Behandlung mit ätzendem Alkali die organische Substanz abscheidet. Die dritte Klasse der gepaarten Säuren kann von zwei Seiten betrachtet werden, indem entweder, wie bei der Isäthionsäure die Schwefelsäure, ($C_4 H_5 O_2$, $S_2 O_5$) in Unterschwefelsäure übergeführt worden und so in die neue Verbindung eingetreten ist, oder, wie bei der Bernsteinschwefelsäure ($C_8 H_4 O_5$, $SO_2 + SO_3$), die Hälfte der Schwefelsäure zu schwefeliger Säure reducirt, mit der organischen Substanz verbunden und die andere Hälfte Schwefelsäure mit der neuen Verbindung vereinigt ist; in beiden Fällen ist auch die Sättigungscapacität der Säure um die Hälfte verringert worden. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß außer der Schwefelsäure, Phosphorsäure und Salpetersäure auch einige organische Säuren mit organischen Radikalen oder deren Oxyden gepaarte Säuren hervorbringen können, wenigstens läßt sich die Mandelsäure ($C_{16} H_8 O_6$) als eine Verbindung von dem Paarling Benzoylwasserstoff mit Ameisensäure ($C_{14} H_5 O_2$, $H + HO + C_2 H O_3$) betrachten.

Ueber die tiefer eingreifenden Wirkungen der Mineralsäuren lassen sich noch nicht allgemeinere Regeln feststellen. In Beziehung auf die Schwefelsäure hat man am häufigsten Folgendes gefunden: vermöge ihrer großen wasseranziehenden Kraft entzieht sie entweder einer organischen Verbindung das in ihr als solches enthaltene Wasser, oder sie disponirt den Sauerstoff der Verbindung, sich mit dem Wasserstoff zu Wasser zu verbinden (zugleich findet bei stickstoffhaltigen Körpern Ammoniakbildung statt); in der Regel bleibt aber die chemische Reaction der beiden Körper zu einander hier nicht stehen, sondern es findet auch eine Reduktion der Schwefelsäure zu schwefeliger Säure statt; es bilden sich gepaarte Säuren verschiedener Art und neben schwefeliger Säure wird zugleich Kohlenoxyd oder das Oxyd eines zusammengesetzten Radikals erzeugt. — Die Salpetersäure, als eine sehr leicht desoxydirbare Verbindung, zersetzt die organischen Körper meist so, daß sich Oxyde einfacherer Radikale bilden, während meist Stickstoffoxydgas entweicht; wird hingegen durch diese Säure nur der Wasserstoff einer organischen Verbindung oxydirt, so erzeugt sich oft eine Verbindung der kohlenstoffreichen Substanz mit einer niedrigen Oxydationsstufe des Stickstoffes. Die Salpetersäure bildet aber auch mit vielen organischen Körpern gepaarte Säuren, in welchen sie sowohl

unzersetzt, als auch als salpetrige Säure eingetreten ist. — Die Salzsäure verhält sich im Allgemeinen gegen organische Körper ganz wie die Schwefelsäure, nur im schwächeren Grade, und daß durch sie auf keine Weise eine Oxydation herbeigeführt werden kann. — Eine andere Wirkung zeigen die Mineralsäuren, namentlich die Schwefelsäure und Salzsäure in ihrem verdünnten Zustand bei der Siedhitze auf mehrere organische Körper, indem sie diese (wie Stärkmehl, Gummi und Rohrzucker) in Krümelzucker verwandeln, ohne selbst eine Veränderung zu erleiden. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, diese Umänderung genügend zu erklären, wenn man nicht die Katalyse in Anspruch nehmen will.

Am genauesten sind bis jetzt die Zersetzungsprodukte untersucht worden, die sich bei der Einwirkung der Salpetersäure auf organische Stoffe bilden; meist wird Oxalsäure erzeugt, aber auch Zuckersäure (aus Rohr- und Traubenzucker), Schleimsäure (aus Milchzucker und Gummi), Camphorsäure (aus Camphor), Korksäure (aus Kork, Stearinsäure und Elainsäure), Terpenthinsäure (aus Terpenthinöl oder Colophon), Alloran, Oxalursäure u. s. w. (aus Harnsäure), Anissäure und verschiedene andere Säuren (aus Anisöl, Esdragonöl, Fenchelöl, Kümmelöl), Indigsäure und Kohlenstickstoffsäure (aus Indigo) u. s. w., worüber im dritten Bande zu vergleichen ist. Von den Wirkungen der Salzsäure auf organische Körper kennt man genauer das Verhalten derselben gegen Harnstoff (Kohlensäure und Ammoniak daraus bildend), Asparagin (Bildung von Ammoniak und Asparaginsäure) und Galle (worin sie die Bildung von Taurin und Cholidinsäure bedingt).

7) Zersetzung organischer Körper durch Alkalien. Die stickstofffreien organischen Substanzen werden beim Zusammenschmelzen mit feuerbeständigen ätzenden Alkalien durch Zersetzung des Hydratwassers des Alkalis unter Entwicklung von Wasserstoff oxydirt und zur Bildung einer Säure mit zusammengesetztem Radikal (Oxalsäure, Essigsäure oder Humussäure) disponirt. Werden sie aber mit einem Ueberschuß von Alkali der trocknen Destillation unterworfen, so entweicht eine Kohlenwasserstoffverbindung, und es hinterbleibt ein kohlensaures Salz. Die stickstoffhaltigen organischen Substanzen geben in der Regel beim Schmelzen oder Kochen mit Kali Ammoniak und eine oder mehrere sauerstoffreiche Verbindungen, welche mit dem Alkali verbunden bleiben.

Die Weinsteinsäure ($C_8H_4O_{10}$) zerfällt beim Schmelzen mit Kali in 1 Aequiv. Essigsäure ($C_4H_3O_3$), 2 Aequiv. Oxalsäure ($2\,C_2O_3$) und 1 Aequiv. Wasser. Benzoësaurer Kalk giebt bei der trocknen Destillation kohlensauren Kalk und Benzoïn ($CaO, C_{14}H_5O_3 = CaO, CO_2 + C_{13}H_5O$), krystallisirte Benzoësäure beim Erhitzen mit überschüssigem Kalk kohlensauren Kalk und Benzin ($C_{14}H_5O_3, HO + 2\,CaO = 2\,(CaO, CO_2) + C_{12}H_6$). Amygdalin giebt beim Kochen mit Kalilauge unter Aufnahme von Wasser Ammoniak und Amygdalinsäure ($C_{40}H_{27}NO_{22} + 2\,HO = H_3N, C_{40}H_{26}O_{24}$), Proteïn ($2\,C_{40}H_{31}N_5O_{12}$) bei der Digestion mit Kalilauge unter Zersetzung von 9 Aequiv. Wasser folgende Produkte:

$C_{80}H_{60}N_{10}O_{24}$ Proteïn			
$H_9 \quad O_9$ Wasser			
	=	$C_{26}H_{16}N_2O_{10}$	Erythroprotid
$C_{80}H_{71}N_{10}O_{33}$		$C_{26}H_{18}N_2O_8$	Protid
		$C_{24}H_{24}N_2O_8$	Leucin
		$H_{12}N_4$	Ammoniak
		$C_2 H O_3$	Ameisensäure
		$C_2 O_4$	Kohlensäure
		$C_{80}H_{71}N_{10}O_{33}$	

Indigblau giebt beim Kochen mit Kalilauge die Chrysanilsäure (über vorbenannte Substanzen vergl. Bd. 3). Als Zersetzungsprodukt des Chinins, Cinchonins, Strychnins und der meisten übrigen Pflanzenalkalien durch bei 100° schmelzendes Kali ist das Chinoleïn ($C_{19}H_8N$) zu erwähnen, worüber Bd. 3, S. 617 ein Weiteres zu vergleichen ist. Eine der einfachsten Zersetzungsarten organischer Körper durch Alkalien ist der Verseifungsproceß der Fette. Wird eines der gewöhnlichen Fette oder fetten Oele mit einem ätzenden Alkali, mit einem Hydrat der alkalischen Erden, mit Magnesiahydrat, Zinkoxyd oder Bleioxyd gekocht, so wird das Fett ohne Aufnahme von Sauerstoff oder Abscheidung von Wasserstoff in eine oder mehrere der Bd. 3, S. 504 ff. beschriebenen Fettsäuren, die sich mit der angewandten Basis zur sog. Seife verbinden, und in Glycerin zerlegt, wobei eine Gewichtszunahme stattfindet, die nur durch Aufnahme von Wasser bedingt sein kann. Man erklärt diesen Proceß gewöhnlich auf die Weise, daß die Fette den Aethyloxyden ähnliche Verbindungen von Glycerin und Fettsäuren seien. Früher nahm man für die Zusammensetzung des ersteren die Formel C_3H_2O, später aber aus guten Gründen die Formel $C_6H_7O_5$ an, wodurch aber der Widerspruch entstand, daß ein Körper dieser Zusammensetzung nicht die Basis der neutralen Fette ausmachen könne. Berzelius nimmt zur Hebung dieses Widerspruches an, daß in den fetten Körpern mit der Fettsäure das Oxyd eines organischen Radikals (Lipyloxyd) von der Zusammensetzung, welche man früher dem Glycerin ($C_3H_2O = C_3H_2, O$) zuschrieb, enthalten sei, und daß dieses Oxyd bei seiner Trennung von der Fettsäure Wasser aufnimmt und sich in einen anderen Körper ($2 \times C_3H_2O + 3\,HO = C_6H_7O_5$ = Glycerin) verwandelt, hiernach das Stearin ($C_{74}H_{70}O_7$) aber als eine Verbindung von Stearinsäure und Lipyloxyd ($C_{68}H_{66}O_5 + 2\,C_3H_2O$) zu betrachten ist. Gegen die Zusammensetzung der Fettarten aus Fettsäure und Glycerylоxyd spricht auch noch der Umstand, daß es noch nicht gelungen ist, aus Glycerin und Fettsäure ein neutrales Fett darzustellen; vergl. jedoch ein Weiteres noch über diesen Gegenstand §. 836.

A. Von den organischen Radikalen.

§. 832. Die bei Weitem größte Zahl der organischen Radikale ist bis jetzt noch nicht isolirt dargestellt worden, jedoch läßt sich deren Existenz mit derselben Sicherheit annehmen, wie man von dem Bestehen verschiedener unorganischer Verbindungen, die man nur in Verbindung mit Basen oder Wasser (wie z. B. die Salpetersäure, Chlorsäure, Mangansäure u. s. w.)

darstellen kann, bestimmt überzeugt ist, da sie gleich den genannten unorganischen Körpern den integrirenden Theil einer Reihe von Verbindungen bilden, in denen neben ihnen theils ein einfaches, theils ein zusammengesetztes Radikal sich befinden kann.

Eine Eintheilung der organischen Radikale ist in sofern schwierig, als eine nach dem hervorstechenden chemischen Charakter der Oxyde dieser Radikale fast durchgängig den Zusammenhang der ursprünglichen und der von ihnen abgeleiteten Radikale stört. Beginnt man mit den einfachsten, den eigentlichen Zersetzungsprodukten, so stehen die abgeleiteten Radikale fast immer den zusammengesetzten voran. Da sich nun schwierig eine systematische Ordnung aufstellen läßt, so ist es am zweckmäßigsten, die organischen Radikale folgendermaßen einzutheilen:

I. Klasse: Binäre Radikale;
  1. Abtheilung: Basen bildende Radikale:
    Aethyl, Methyl, Cetyl u. s. w.;
  2. Abtheilung: Säuren bildende Radikale:
    Oxalyl, Acetyl, Cyan, Mellon;
II. Klasse: Ternäre Radikale:
    Benzoyl, Cinnamyl u. s. w.;
III. Klasse: Quaternäre Radikale:
    Rubean, Flavean u. s. w.

Uebersicht der Symbole für die organischen Radikale.

Ac	=	C_4H_3	Acetyl;
Acl	=	C_6H_3	Acryl;
Ae	=	C_4H_5	Aethyl;
Al	=	C_6H_5	Allyl;
Ayl	=	$C_{10}H_{11}$	Amyl;
Bz	=	$C_{14}H_5O_2$	Benzoyl (Liebig);
Bzl	=	$C_{14}H_5$	Benzoyl (Löwig);
Cfy	=	Cy_3Fe	Ferrocyan;
Ci	=	$C_{18}H_7O_2$	Cinnamyl;
Ct	=	$C_{32}H_{33}$	Cetyl;
Cy	=	C_2N	Cyan;
Fo	=	C_2H	Formyl;
Fv	=	$C_4H_2N_2S_3$	Flavean;
Gl	=	C_6H_7	Glyceryl;
Lyl	=	C_3H_2	Lipyl;
Me	=	C_2H_3	Methyl;
Mll	=	C_6N_4	Mellan;
Oe	=	C_6H_5	Oenyl;
Ox	=	C_2O_2	Oxalyl;
Pk	=	$C_{14}H_6$	Pikramyl;
Pr	=	C_6N_3	Prussin;
Prt	=	$C_{40}H_{31}N_5O_{12}$	Proteïn;
Pyl	=	C_6H_3	Pteleyl;
Rb	=	C_2HNS_2	Rubean;
Rd	=	C_2NS_2	Rhodan;
Sl	=	$C_{14}H_5O_4$	Salicyl;
Su	=	C_8H_6O	Suberyl;
Ur	=	C_2HN	Uren;
X	=	C_2NS_3	Xanthan.

a) Binäre Radikale.

1) Basen bildende Radikale.

Aethyl.

82,76 — 24,0 Kohlenstoff
17,24 — 5,0 Wasserstoff
100,00 — 29,0 Aethyl.

Symb. und Aequiv. C_4H_5 oder Ae. = 29,0. Atom. C_4H_{10}.

§. 833. Das Aethyl ist ein für sich noch unbekanntes Radikal, welches mit verschiedenen nicht metallischen Stoffen Verbindungen eingeht, die sich oft mit anderen zusammengesetzten Körpern von Neuem vereinigen lassen. Der Ursprung dieses Radikals ist der im Proceß der Gährung aus dem Zucker entstehende Weingeist, welcher als das Hydrat des Aethyloxydes zu betrachten ist.

Verbindungen des Aethyls sind:

AeO = Aethyloxyd oder Aether, vergl. Bd. 3, S. 1003—1023;
AeCl = Aethylchlorür oder Chlorwasserstoffäther, vgl. a. a. O. S. 1024—1027;
AeBr = Aethylbromür oder Bromwasserstoffäther, vergl. a. a. O. S. 1027;
AeI = Aethyliodür oder Jodwasserstoffäther, vergl. a. a. O. S. 1027;
AeS = Aethylsulphür oder Schwefelwasserstoffäther, vgl. a. a. O. S. 1028;
AeS_2 = Aethylsulphid oder Thialöl, vergl. Bd. 3, S. 1029;
AeSe = Aethylselenür oder Selenwasserstoffäther, vergl. Bd. 3, S. 1024;
AeTe = Aethyltellurür oder Tellurwasserstoffäther;*)
AeCy = Aethylcyanür oder Cyanwasserstoffäther, vgl. Bd. 3, S. 1029;

Verbindungen des Aethyloxydes sind:

a) Neutrale Verbindungen.

AeO, HO = Aethyloxydhydrat oder Weingeist, vergl. Bd. 3, S. 947 ff.;
AeO, NO_3 = salpetrigsaures Aethyloxyd, vergl. a. a. O. S. 1038 ff.;
AeO, NO_5 = salpetersaures Aethyloxyd;**)
AeO, CO_2 = kohlensaures Aethyloxyd, vergl. Bd. 3, S. 1045;

$AeO, \overline{A}$ = essigsaures Aethyloxyd, vergl. Bd. 3, S. 1046 ff.;
$AeO, \overline{Bz}$ = benzoësaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1050;
$AeO, \overline{Ch}$ = chinasaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1050;
$AeO, \overline{Ci}$ = citronensaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1050;

*) Man erhält das Aethyltellurür durch Destillation von Tellurnatrium mit schwefelsaurem Aethyloxyd-Baryt als eine gelbrothe, in Wasser untersinkende, widrig riechende Flüssigkeit, welche bei 100° siedet und schon durch die Einwirkung der Luft zersetzt wird.

**) Das salpetersaure Aethyloxyd erhält man nur durch Destillation eines Gemenges von salpetersaurem Harnstoff, Weingeist und Salpetersäure als eine ganz eigenthümlich riechende Flüssigkeit von 1,112 spec. Gewicht.

$AeO, \overline{pCi}$ = brenzcitronensaures Aethyloxyd, vergl. a. a. O. S. 1051;
$AeO, \overline{Ma}$ = äpfelsaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1051;
$AeO, \overline{O}$ = oxalsaures Aethyloxyd, vergl. a. a. O. S. 1052;
$AeO, \overline{Su}$ = bernsteinsaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1053;
$AeO, \overline{T}$ = weinsteinsaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1053;
$AeO, \overline{pT}$ = brenzweinsteinsaures Aethyloxyd, vergl. a. a. O. S. 1053;
$AeO, \overline{Mr}$ = margarinsaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1054;
$AeO, \overline{St}$ = stearinsaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1054;
$AeO, \overline{El}$ = elainsaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1054;
u. s. w.

b) Saure Verbindungen.

$AeO, 2\,SO_3, Aq$ = Aetherschwefelsäure, vergl. a. a. O. S. 1030;
$AeO, PO_5, 2\,Aq$ = Aetherphosphorsäure, vgl. a. a. O. S. 1032;
$AeO, 2\,\overline{O}, Aq$ = Aetheroxalsäure, vergl. a. a. O. S. 1033;
$AeO, 2\,CS_2, Aq$ = Aetherkohlenschwefelsäure, vegl. a. a. O. S. 1035;
$AeO, 2\,CO_2, Aq$? = Aetherkohlensäure, vergl. a. a. O. S. 1033;
$AeO, 2\,\overline{T}, Aq$ = Aetherweinsteinsäure, vergl. a. a. O. S. 1036;
$AeO, 2\,\overline{U}, 2\,Aq$ = Aethertraubensäure, vergl. a. a. O. S. 1037;
$AeO, 2\,\overline{Cm}, Aq$ = Aethercamphorsäure, vergl. a. a. O. S. 1037;
u. s. w.

Anderweite Verbindungen des Aethyls.

AeS, SH = Aethylsulphür-Schwefelwasserstoff, vergl. Bd. 3, S. 1028;
AeO, C_2O_3Cl? = Chlorkohlensaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O. S. 1034;
$3\,AeO, 2\,C_6H_3N_3O_6$ = Cyanursaures Aethyloxyd, vgl. a. a. O.

Methyl.

80,0	— 12,0	Kohlenstoff
20,0	— 3,0	Wasserstoff.
100,0	— 15,0	Methyl.

Symb. und Aequiv. C_2H_3 oder Me = 15,0. Atom. C_2H_6.

§. 834. Das Methyl ist ebenfalls ein für sich unbekanntes Radikal, welches eine den Aethylverbindungen ganz analoge Reihe von Verbindungen bildet. Es hat seinen Ursprung in dem bei der Destillation des Holzes entstehenden Holzgeist, welcher als das Hydrat seines Oxydes zu betrachten ist.

Verbindungen des Methyls sind:

MeO = Methyloxyd oder Holzäther;
$MeCl$ = Methylchlorür oder Chlorwasserstoff-Holzäther;
$MeBr$ = Methylbromür oder Bromwasserstoff-Holzäther;
MeI = Methyliodür oder Jodwasserstoff-Holzäther;
MeS = Methylsulphür oder Schwefelwasserstoff-Holzäther;
MeF = Methylfluorür oder Fluorwasserstoff-Holzäther;
$MeCy$ = Methylcyanür oder Cyanwasserstoff-Holzäther.

Verbindungen des Methyloxydes sind:

a) Neutrale Verbindungen.

MeO, Aq = Methyloxydhydrat oder Holzgeist;
MeO, NO_5 = salpetersaures Methyloxyd;
MeO, SO_3 = schwefelsaures Methyloxyd;
$MeO, \overline{A}$ = essigsaures Methyloxyd;
$MeO, \overline{F}$ = ameisensaures Methyloxyd;
$MeO, \overline{O}$ = oxalsaures Methyloxyd;
$MeO, \overline{Bz}$ = benzoesaures Methyloxyd.

b) Saure Verbindungen.

$MeO, 2\,CO_2, Aq$ = Holzätherkohlensäure;
$MeO, 2\,SO_3, Aq$ = Holzätherschwefelsäure;
$MeO, 2\,CS_2, Aq$ = Holzätherkohlenschwefelsäure;
$MeO, 2\,\overline{T}, Aq$ = Holzätherweinsteinsäure;
$MeO, 2\,\overline{U}, 2\,Aq$ = Holzäthertraubensäure.

Anderweite Verbindungen des Methyls.

MeS, SH = Methylsulphür-Schwefelwasserstoff;
MeO, C_2O_3Cl = chlorkohlensaures Methyloxyd;
$3\,MeO, 2\,C_6H_3N_3O_6$ = cyanursaures Methyloxyd.

Ueber diese und anderweite Methylverbindungen, so wie deren Zersetzungen vergl. Bd. 3, S. 1080—1095.

Amyl.

84,51	— 60,0	Kohlenstoff
15,49	— 11,0	Wasserstoff
100,00	— 71,0	Amyl.

Symb. und Aequiv. $C_{10}H_{11}$ oder Ayl = 71,0. Atom. $C_{10}H_{22}$.

§. 835. Das Amyl ist ein ebenfalls für sich noch unbekanntes Radikal, welches in seinen Verbindungsverhältnissen dem Aethyl und Methyl sich anschließt. Es hat seinen Ursprung in dem sog. Kartoffelfuselöl, welches schon lange bekannt und als das Hydrat des Oxydes zu betrachten ist.

Verbindungen des Amyls sind:

$AylO$ = Amyloxyd oder Fuseläther;
$AylO_2$ = Amylbioxyd;
$AylCl$ = Amylchlorür oder Chlorwasserstoff-Fuseläther;
$AylBr$ = Amylbromür oder Bromwasserstoff-Fuseläther;
$AylI$ = Amyliodür oder Jodwasserstoff-Fuseläther;
$AylS$ = Amylsulphür oder Schwefelwasserstoff-Fuseläther;
$AylCy$ = Amylcyanür oder Cyanwasserstoff-Fuseläther;

Verbindungen des Amyloxydes sind:

a) Neutrale Verbindungen.

$AylO, Aq$ = Amyloxydhydrat oder Kartoffelfuselöl;
$AylO, NO_3$ = salpetrigsaures Amyloxyd;
$AylO, \overline{A}$ = essigsaures Amyloxyd;

$AylO,\overline{O}$ = oxalsaures Amyloxyd;
$AylO,\overline{V}$ = baldriansaures Amyloxyd.

b) Saure Verbindungen.

$AylO, 2\,SO_3, Aq$ = Fuselätherschwefelsäure;
$AylO, 2\,\overline{O}, Aq$ = Fuselätheroxalsäure;
$AylO, 2\,\overline{T}, Aq$ = Fuselätherweinsteinsäure.

Anderweite Verbindungen:

$AylS, SH$ = Amylsulphür-Schwefelwasserstoff.

Ueber diese Verbindungen vergl. Bd. 3, S. 1124—1129.

Glyceryl

83,65	— 36,0	Kohlenstoff
16,35	— 7,0	Wasserstoff
100,00	— 43,0	Glyceryl.

Symb. und Aequiv. C_6H_7 oder $Gl = 43,0$. Atom. C_6H_{14}.

§. 836. Das Glyceryl ist ein ebenfalls für sich noch unbekanntes Radikal, welches in seinen Verbindungsverhältnissen noch nicht umfassend untersucht ist und, so viel in diesen bekannt, zum Theil von den früher beschriebenen Radikalen abweicht. Es findet sich als das Oxydhydrat in dem Glycerin, und als Oxyd (?) mit Fettsäuren verbunden in den Fetten.

Verbindungen des Glyceryls:

GlO_5 = Glyceryloxyd, unbekannt;
GlO_5, Aq = Glyceryloxydhydrat oder Glycerin;
$GlO_5, 2SO_3, Aq$ = Glycerinschwefelsäure.

Ueber die Verbindungen des Glyceryls vergl. Bd. 3, S. 1130—1134. In Beziehung auf die sog. fettsauren Glyceryloxydsalze muß aber das berücksichtigt werden, was bereits am Schlusse zu §. 831 über die Zersetzung der fetten Körper durch Alkalien angeführt worden ist, woraus es sehr wahrscheinlich wird, daß die Basis der Fettarten nicht Glyceryloxyd, sondern das Oxyd eines anderen Radikals, des Lipyls (C_3H_2 oder Lyl), ist. Dieser Ansicht Berzelius' kann jedoch die von Redtenbacher gemachte Beobachtung entgegengestellt werden, daß fette Körper oder Glycerin bei hoher Temperatur ein Destillat geben, in welchem sich Acroleïn befindet, aus dessen Zusammensetzung und Oxydationsprodukten er ein anderes Radikal, das Acryl, annimmt, dessen Verbindungsverhältnisse folgende sind:

C_6H_3 oder Acl = Acryl, unbekannt;
$AclO$ = Acryloxyd, unbekannt;
$AclO, Aq$ = Acryloxydhydrat oder Acroleïn;
Acl, O_2 = acrylige Säure, unbekannt;
Acl, O_3 = Acrylsäure;

worüber ein Weiteres Bd. 3, S. 1116 zu vergleichen.

Cetyl.

85,33	— 192,0	Kohlenstoff
14,67	— 33,0	Wasserstoff
100,00	— 125,0	Cetyl.

Symb. und Aequiv. $C_{32}H_{33}$ oder $Ct = 125,0$. Atom. $C_{32}H_{66}$.

§. 837. Das Cetyl ist ein für sich unbekanntes Radikal, das in seinen

Verbindungsverhältnissen, so weit diese bis jetzt erforscht sind, dem Aethyl entspricht; es findet sich in dem vom Wallrath stammenden Aethal als Oxydhydrat.

Verbindungen des Cetyls:

CtO = Cetyloxyd, unbekannt;
CtO, Aq = Cetyloxydhydrat oder Aethal;
$CtO, 2SO_3, Aq$ = Aethalschwefelsäure;
$CtCl$ = Cetylchlorür;
$3CtO, 2\overline{Mr}, \overline{El}$ = Wallrath.

Ueber diese Verbindungen vergl. Bd. 3, S. 1135.

Oenyl, Mesityl.

87,8 —	36,0	Kohlenstoff
12,2 —	5,0	Wasserstoff
100,0 —	41,0	Oenyl.

Symb. und Aequiv. C_6H_5 oder Oe = 41,0. Atom. C_6H_{10}.

§. 838. Das Oenyl ist ein für sich unbekanntes Radikal, das ebenfalls wieder viel Aehnlichkeit mit dem Aethyl hat. Es findet sich als Oxydhydrat in dem Aceton, welches sich bei der trocknen Destillation essigsaurer Salze und verschiedener anderer organischen Substanzen bildet.

Verbindungen des Oenyls sind:

OeO = Oenyloxyd oder Acetonäther;
$OeCl$ = Oenylchlorür oder Chlorwasserstoff-Acetonäther;
OeI = Oenyliodür oder Jodwasserstoff-Acetonäther;
OeS = Oenylsulphür oder Schwefelwasserstoff-Acetonäther;
OeO, Aq = Oenyloxydhydrat oder Aceton;
OeO, SO_3 = schwefelsaures Oenyloxyd;
$OeO, 2SO_3$ = Acetonschwefelsäure;
OeO, PO = unterphosphorigsaures Oenyloxyd;
OeO, PO_5 = Acetonphosphorsäure.

Ueber diese Verbindungen vergl. Bd. 3., S. 1070—1073. Aus dem Aceton erhielt Kane durch stark oxydirende Mittel ein Radikal mit geringerem Wasserstoffgehalt; dieses für sich ebenfalls unbekannte Radikal ist das Pteleyl (C_6H_3 oder Pyl), welches folgende Verbindungen giebt:

$PylO$ = Pteleyloxyd, unbekannt;
$PylO_3$ = Pteleylsäure;
$PylO, Aq$ = Pteleyloxydhydrat, als Mesitylaldehyd unbekannt;
$PylO, NO_3$ = salpetrigsaures Pteleyloxyd;
$PylO\,Cl$ = Pteleylchlorür;
$PylI$ = Pteleyliodür,

worüber ein Weiteres a. a. O. S. 1074 zu vergleichen.

Mit Alyl, C_6H_5 oder Al, wird ein die Zusammensetzung des Oenyls habendes Radikal bezeichnet, welches im Knoblauchöl seinen Ursprung hat.

Verbindungen desselben sind:

AlO = Alyloxyd;
$AlCl$ = Chloralyl;
AlS = Schwefelalyl.

2) Säuren bildende Radikale.

Oxalyl.

42,86 — 12,0	Kohlenstoff
57,14 — 16,0	Sauerstoff
100,00 — 28,0	Oxalyl.

Symb. und Aequiv. C_2O_2 oder Ox = 28,0.

§. 839. Das Kohlenoxyd oder vielmehr eine diesem polymere Verbindung des Kohlenstoffes und Sauerstoffes läßt sich als das Radikal einer Reihe von Körpern betrachten, die jedoch nach ihrer theoretischen Zusammenstimmung noch nicht so genau untersucht worden sind, als die Verbindungen anderer Radikale; eine solche polymere Verbindung kann sich auch unter gewissen Umständen mit Kalium vereinigen, und hieraus zwei besondere Zersetzungsprodukte erhalten werden.

Als Verbindungen des Oxalyls werden angenommen:

OxO = Oxalsäure, vergl. Bd. 3, S. 474—477;
$OxCl_2$ = Oxalylchlorid oder Chlorkohlenoxyd, vgl. Bd. 2, S. 89;
OxAd = Oxalylamür oder Oxamid, vergl. Bd. 3, S. 1052;
OxAd, OxO, Aq = oxalsaures Oxalylamür oder Oxaminsäure; vergl. §. 871;
$OxAd_2$ = Oxalylamid oder Harnstoff, vgl. Bd. 3, S. 599 ff.;
OxId = Oxalimür oder Cyamelid, vergl. §. 847;
Ox_2H = Oxalylwasserstoff oder Honigsteinsäure, vergl. a. a. O. S. 856.

Wird Kalium im schmelzenden Zustand mit Kohlenoxyd in Berührung gebracht, so wird dieses in großer Menge absorbirt und jenes grün, zuletzt schwarz und porös; die Verbindung wird an der Luft oder im Wasser unter Entwicklung von Kohlenwasserstoff und etwas Kohlenoxyd roth und stellt nun das Kalisalz der Rhodizinsäure, C_3O_5, dar, durch dessen Fällung mit Bleizucker, Zersetzen des gebildeten Bleisalzes durch Schwefelwasserstoff und Verdunsten die wasserhaltige Säure in dunkelrothen, blaugrün-metallglänzenden, säuerlich schmeckenden Nadeln erhalten wird; diese Säure ist in Wasser, Weingeist und Aether mit hyacinthrother Farbe löslich, wird über 100° zersetzt und bildet mit den Basen die rhodizinsauren Salze, Rhodizinates, welche roth und schwer löslich sind; beim Verdunsten der Kalisalzlösung zerfällt die Säure in Oxalsäure und Krokonsäure, C_5O_4, welche letztere krystallisirbar, von saurem Geschmack und saurer Reaction ist, in der Hitze verglimmt und sich in Wasser und Weingeist löst; die krokonsauren Salze, Krokonates, sind gelb oder gelbroth. Die krystallisirte Krokonsäure ist wasserhaltig (C_5O_4, HO) und kann in diesem Zustand wie die Honigsteinsäure als die Wasserstoffsäure eines polymeren Kohlenoxydes betrachtet werden, in welcher Beziehung ihre Zusammensetzung dann durch C_5O_5, H oder $Ox_{2,5}$ H ausgedrückt werden könnte.

Acetyl.

88,89 — 24,0	Kohlenstoff
11,11 — 3,0	Wasserstoff
100,00 — 27,0	Acetyl.

Symb. und Aequiv. C_4H_3 oder Ac = 27,0. Atom. C_4H_6.

§. 840. Das Acetyl ist ein für sich unbekanntes Radikal, welches aus den Verbindungen des Aethyls durch theilweise Hinwegnahme des Wasserstoffes mittelst oxydirender Mittel mit Beibehaltung des ganzen Kohlenstoffes gebildet

wird. Es findet sich in dem Aldehyd und anderen, durch theilweise Entwasserstoffung gebildeten Zersetzungsprodukten der Aethylverbindungen.

Verbindungen des Acetyls sind:

AcO = Acetyloxyd, unbekannt;

AcO, Aq = Acetyloxydhydrat, als Aldehyd bekannt, aber besser durch unteracetylige Säure-Hydrat zu bezeichnen; vergl. Bd. 3, S. 985 ff.;

AcO_2 = acetylige Säure oder Aldehydsäure, vgl. a. a. O. S. 988;

AcO_3 = Acetylsäure oder Essigsäure, vgl. a. a. O. S. 445 ff.;

$AcCl$ = Acetylchlorür, vergl. a. a. O. S. 1064;

$AcCl_3$ = Acetylchlorid, vergl. a. a. O. S. 1065;

$AcBr$ = Acetylbromür, vergl. a. a. O. S. 1065;

AcI = Acetyliodür, unbekannt;

$AcCl, ClH$ = Acetylchlorür-Chlorwasserstoff, vergl. a. a. O. S. 1064;

$AcBr, BrH$ = Acetylbromür-Bromwasserstoff, vergl. a. a. O. S. 1065;

AcI, IH = Acetyliodür-Jodwasserstoff, vgl. a. a. O. S. 1066;

$AcCl_2, O$ = Acetyloxydchlorür, vergl. a. a. O. S. 1066;

Ac, SO_2 = Acetylschwefelige Säure, vergl. a. a. O. S. 1067;

Ac, S_2O_5, Aq = Acetylunterschwefelsäure, vergl. a. a. O;

AcO, AeO, Aq = Acetyloxyd-Aethyloxydhydrat, besser unteracetyligsaures Aethyloxydhydrat, als Acetal bekannt, vergl. a. a. O. S. 988.

Formyl.

92,31	— 12,0	Kohlenstoff
7,69	— 1,0	Wasserstoff
100,00	— 13,0	Formyl.

Symb. und Aequiv. C_2H oder Fo = 13,0. Atom. C_2H_2.

§. 841. Das für sich unbekannte Formyl steht in demselben Verhältnisse zum Methyl, wie das Acetyl zum Aethyl, und wird durch theilweise Wasserstoffentziehung mit Beibehaltung des ganzen Kohlenstoffes aus den Methylverbindungen gebildet. Es findet sich natürlich in der Ameisensäure.

Verbindungen des Formyls sind:

FoO = Formyloxyd, unbekannt;

FoO, Aq = Formyloxydhydrat, für sich unbekannt;

FoO_3 = Formylsäure oder Ameisensäure, vgl. Bd. 3, S. 512 ff.;

$FoCl_3$ = Formylchlorid, vergl. Bd. 3, S. 1090;

$FoBr_3$ = Formylchromid, vergl. a. a. O. S. 1091;

FoI_3 = Formyliodid, vergl. a. a. O. S. 1091;

FoS_3 = Formylsulphid, vergl. a. a. O. S. 1092;

$FoCy$? = Cyanformyl, vergl. a. a. O. S. 1092;

$FoO, Aq + 2MeO$ = Formomethylal, vergl. a. a. O. S. 1089.

Cyan (vergl. Bd. 3, S. 415—445).

46,15	— 12,0	Kohlenstoff
53,85	— 14,0	Stickstoff
100,00	— 26,0	Cyan.

Symb. und Aequiv. C_2N oder Cy = 26,0. Atom. C_2N_2.

§. 842. Dieses Radikal ist am längsten im isolirten Zustand bekannt (indem es im Jahr 1815 von Gay-Lussac entdeckt und als ein den Salzzeugern analoger Körper erkannt wurde). Es ist ein häufiges Zersetzungsprodukt stickstoffhaltiger organischer Körper, wenn diese bei höherer Temperatur mit

starken Basen in Berührung sind, namentlich wenn thierische Kohle mit Alkalien in verschlossenen Gefäßen geglüht wird.

Man erhält das Cyan aus dem Quecksilbercyanid auf ähnliche Weise, wie das Sauerstoffgas aus Quecksilberoxyd.

§. 843. Das Cyan ist bei gewöhnlicher Temperatur und Druck gasförmig und von 1,8064 spec. Gewicht (läßt sich aber durch einen Druck von 4 Atmosphären zu einer farblosen, bei — 18^0 noch nicht erstarrenden, das Licht weniger als Wasser brechenden Flüssigkeit von 0,9 spec. Gewicht verdichten), hat keine Farbe und einen stechenden, durchdringenden Geruch, ist nicht athembar, röthet vorübergehend Lakmus, wird von Wasser, noch reichlicher von Weingeist, auch von Aether und Terpenthinöl absorbirt, verbrennt an der Luft mit rother Flamme und explodirt heftig nach der Vermengung mit Sauerstoffgas beim Entzünden. Es kann in Glas oder Porcellangefäßen erhitzt eine hohe Temperatur vertragen, ohne zersetzt zu werden, während seine wässerige Lösung allmälig in Ammoniak, Kohlensäure, Cyansäure, Cyanwasserstoffsäure, Harnstoff und eine braune Materie zerfällt.

Beim Erhitzen des Quecksilbercyanides wird neben Cyan und metallischem Quecksilber als Rückstand ein schwarzes Pulver erhalten, welches eine polymere Modifikation des Cyans und Paracyan ($C_8 N_4$ oder pCy) benannt worden ist; dieses bildet sich auch bei der Einwirkung des Chlors auf eine Cyankaliumlösung, bei der freiwilligen Zersetzung der Blausäure u. s. w., ist schwarz, nur in concentrirter Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure, sowie auch in Alkalien löslich, uud wird durch Erhitzen mit Salpetersäure in Paracyansäure ($C_8 N_4 O$ = untercyanige Säure $Cy_4 O$) verwandelt, welche ein gelbes, geschmackloses, sauer reagirendes Pulver darstellt und mit Basen Salze bildet. — Wird Paracyansilber (erhalten durch Erhitzen des Cyansilbers, bis die schmelzende Masse plötzlich unter heftiger Gasentwicklung stark erglüht) hinreichend erhitzt, so entweicht ein Gas von demselben spec. Gewicht und derselben Zusammensetzung wie das Cyan, unterscheidet sich aber von diesem dadurch, daß es viel heftiger auf die Respirationsorgane wirkt, schon bei — 4^0 flüssig wird und in seiner Lösung in ätzenden Alkalien mit Eisensalzen durchaus kein Berlinerblau giebt.

§. 844. Das Cyan verbindet sich mit Sauerstoff, Wasserstoff und den meisten übrigen nicht metallischen und metallischen Stoffen. Viele seiner Verbindungen sind den Haloidsalzen sehr ähnlich, während andere einen durchaus verschiedenen Charakter zeigen.

Die Verbindungen des Cyans mit den Metallen entsprechen den Oxyden und heißen im Allgemeinen Cyanmetalle und zwar Cyanüre, Cyanureta, wenn sie den Oxydulen, Cyanide, Cyaneta, wenn sie den Oxyden entsprechen. Die meisten Verbindungen des Cyans mit den schweren Metallen haben die Eigenschaft, sich mit den Cyaniden der Alkali- und Erdmetalle zu verbinden, weßhalb man jene als Cyansäuren, diese als Cyanbasen und ihre Verbindungen unter einander als Cyansalze betrachten kann (über anderweite Ansichten dieser Verbindungen vergl. unten und die allgemeinen Eigenschaften der Cyanmetalle unter §. 853.)

Cyan und Sauerstoff.

§. 845. Das Cyan kann sich nur mittelbar mit Sauerstoff verbinden und mit ihm drei verschiedene Säuren, die Cyansäure, $Cy O$, die Knallsäure, $Cy_2 O_2$, und die Cyanursäure, $Cy_3 O_3$, bilden, welche zwar eine

gleiche Zahl von Cyan- und Sauerstoffäquivalenten enthalten, aber sich in ihren Eigenschaften und Verbindungen sehr wesentlich unterscheiden.

Ueber die Verschiedenheit dieser drei gleich zusammengesetzten Säuren hat man verschiedene Ansichten. Liebig erklärt sie ähnlich den drei Modifikationen der Phosphorsäure, wonach die Cyansäure = Cy O, Aq., die Knallsäure = $Cy_2\ O_2$, 2 Aq. und die Cyanursäure = $Cy_3\ O_3$, 3 Aq. ist und es nur eine saure Orydationsstufe des Cyans mit dreibasischer Natur giebt.

Cyansäure, einbasische Cyansäure.

60,47 — 26,0 Cyan	wasserfrei:
18,60 — 8,0 Sauerstoff	76,48 — 26,0 Cyan
20,93 — 9,0 Wasser	23,52 — 8,0 Sauerstoff
100,00 — 43,0 Cyansäurehydrat:	100,00 — 34,0 Cyansäure.

Symb. und Aequiv. C_2NO oder Cy O = 34,0. Atom. Cy O.

§. 846. Die im wasserfreien Zustand unbekannte, von Wöhler entdeckte Cyansäure bildet sich beim Leiten von Cyangas über glühendes kohlensaures Kali oder beim Einleiten des Cyangases in wässerige Alkalien, beim Glühen der Cyanverbindungen an der Luft oder in Berührung mit Salpeter, Superoryden u. s. w., beim Schmelzen von Mellan, Ammelin, Melamin und Ammelid mit Kalihydrat, bei der trocknen Destillation mancher stickstoffhaltiger organischer Substanzen u. s. w.

Man erhält die Cyansäure durch gelindes Erwärmen der Cyanursäure in einer Retorte und Verdichten des Dampfes in einer unter 0° abgekühlten Vorlage.

§. 847. Das Cyansäurehydrat stellt eine wasserhelle, äußerst flüchtige Flüssigkeit dar, hat einen durchdringenden, äußerst stechenden, der stärksten Essigsäure und Ameisensäure ähnlichen Geruch, verursacht auf die Haut gebracht unter heftigen Schmerzen Brandblasen und Geschwüre, röthet Lakmus und läßt sich mit Wasser vermischen. Es kann nur unter 0° bestehen und zerfällt darüber bald in Cyamelid, in Berührung mit Wasser aber unter Aufnahme von 2 Aequiv. desselben in doppelt-kohlensaures Ammoniak.

Das Cyamelid, auch unlösliche Cyanursäure benannt, hat dieselbe Zusammensetzung wie das Cyansäurehydrat ($C_2HNO = C_2NO, HO$), ist weiß, porcellanartig und in Wasser, Weingeist und Aether, aber unter Entwicklung von Ammoniak und Bildung von cyansauren und cyanursauren Alkalien in den ätzenden Alkalien löslich; es wird durch concentrirte Schwefelsäure gelöst und durch Aufnahme von Wasser in kohlensaures Ammoniak verwandelt, und giebt bei der trocknen Destillation wieder Cyansäurehydrat.

§. 848. Die Cyansäure bildet mit den basischen Oryden nur eine Reihe von Salzen, die cyansauren Salze, Cyanates; diese zeichnen sich dadurch aus, daß sie in Berührung mit einer verdünnten Mineralsäure nach einigen Augenblicken unter Verbreitung des durchdringenden Geruches nach Cyansäure aufbrausen und nun bei Zusatz von Kalkhydrat reichlich Ammoniak entwickeln, was vorher nicht der Fall ist. Nur die Salze der Alkalien sind in Wasser löslich und diese Lösungen geben (mit Ausnahme der des Ammoniaksalzes) beim Kochen Ammoniak und Kohlensäure.

Man erhält die cyansauren Salze durch Zersetzung des Kalisalzes mit einem andern Metallsalz. Cyansaures Kali (KO, Cy O) wird erhalten, wenn man ein Gemenge von 2 Th. trocknem Kaliumeisencyanür und 1 Th. Braunstein auf einem Eisenblech unter beständigem

Umrühren bei der Rothglühhitze röstet und die erkaltete und gepulverte Masse mit 80procentigem Weingeist auszieht; beim Erkalten des Filtrates krystallisirt es in wasserfreien, durchsichtigen, dem chlorsauren Kali sehr ähnlichen Blättchen, die in der Hitze zu einer wasserhellen Flüssigkeit schmelzen und nach dem Erkalten eine undurchsichtige krystallinische Masse geben; es löst sich leicht in Wasser, wird aber darin, so wie und ohne Veränderung der Form an feuchter Luft, unter Ammoniakentwicklung in doppelt-kohlensaures Ammoniak verwandelt. Cyansaures Ammoniak, durch Zersetzung des Bleisalzes mit schwefelsaurem Ammoniak erhalten, wird durch Stehen an der Luft oder beim allmähligen Verdunsten seiner Lösung in Harnstoff (vergl. Bd. 3, S. 599 ff.) verwandelt, mit dem es gleiche Zusammensetzung hat (H_4NO, $C_2NO = C_2H_4N_2O_2$); eine Verbindung mit einem Ueberschuß von Ammoniak, wie sie beim gleichzeitigen Einleiten von Cyansäurehydrat und trocknem Ammoniakgas in ein trocknes Glasgefäß erhalten wird, stellt eine weiße krystallinische Masse dar, welche beim Erwärmen oder Aussetzen an die Luft unter Verlust von Ammoniak ebenfalls in Harnstoff übergeht. Cyansaures Silberoxyd (AgO, CyO) ist in Ammoniak löslich und giebt damit eine krystallinische Verbindung; es zerfällt beim Erhitzen in Cyansäure, Kohlensäure und Stickstoffgas mit Rücklassung eines Halb-Cyansilbers. — Die Cyansäure verbindet sich auch mit Salzsäure zu einer farblosen, an der Luft rauchenden, durch Wasser in Kohlensäure und Ammoniak zerfallende Flüssigkeit, chlorwasserfaurer Cyansäure (CyO, ClH), die durch Leiten von trocknem Chlorwasserstoffgas über cyansaures Kali erhalten wird.

Knallsäure, zweibasische Cyansäure.

76,48 — 52,0	Cyan
23,52 — 16,0	Sauerstoff
100,00 — 68,0	Knallsäure.

Symb. und Aequiv. $C_4N_2O_2$ oder Cy_2O_2. Atom. Cy_2O_2.

§. 849. Die Knallsäure, welche von Gay-Lussac und Liebig entdeckt wurde, ist für sich gänzlich unbekannt, da sie im Moment des Freiwerdens aus einer Verbindung sogleich in Blausäure und andere Produkte zersetzt wird. Sie bildet sich bei der Einwirkung von Salpetersäure und Weingeist auf salpetersaures Silberoxyd oder Quecksilberoxydul, wobei die knallsauren Salze dieser Basen unter Entwicklung von Aldehyd und Salpeteräther niederfallen.

Ueber die knallsauren Salze, Fulminales, vergl. Bd. 3, S. 992 und 993. — Wird knallsaures Silberoxyd nach und nach mit Salzsäure zersetzt, so bildet sich erst saures knallsaures Silberoxyd, dann aber durch dessen Zersetzung Chlorsilber, Blausäure und eine neue Säure, die Chlorcyanwasserstoffsäure ($CyCl_5$, 2 H ?), welche einen sauren, beißenden und süßlichen Geschmack besitzt, aus Silbersalzen kein Chlorsilber niederschlägt und beim Erhitzen oder Neutralisiren mit Kali in Ammoniak, Kohlensäure und andere Produkte zerfällt.

Cyanursäure, dreibasische Cyansäure.

60,47 — 78,0	Cyan	wasserfrei:	
18,60 — 24,0	Sauerstoff	76,48 — 78,0	Cyan
20,93 — 24,0	Wasser	23,52 — 24,0	Sauerstoff
100,00 — 129,0	Cyanursäurehydrat:	100,00 — 102,0	Cyanursäure.

Symb. und Aequiv. $Cy_3O_3 = 102{,}0$, als Hydrat Cy_3O_3, 3 Aq. $= 129{,}0$.

§. 850. Die von Scheele entdeckte Cyanursäure bildet sich bei der Destillation der Harnsäure (brenzliche Harnsäure), bei der Zersetzung des festen Chlorcyans mit Wasser, beim Erhitzen des Harnstoffes, bei der Zersetzung löslicher cyansaurer Salze mit verdünnten Säuren und bei mehreren anderen Zersetzungen stickstoffhaltiger Körper.

Man erhält die Cyanursäure am einfachsten durch Erhitzen des Harnstoffes, bis dieser sich über seinen Schmelzpunkt unter Ammoniakentwicklung in eine weiße Masse verwandelt hat, die in concentrirter Schwefelsäure gelöst, die Lösung bis zur Entfärbung tropfenweise mit Salpetersäure und dann mit einem gleichen Volumen Wasser vermischt wird; beim Erkalten krystallisirt die Säure aus.

§. 851. Das so erhaltene Cyanursäurehydrat ist weiß und pulverig; aus der wässerigen Lösung krystallisirt die Säure in wasserhaltigen ($Cy_3 O_3$, 3 Aq. + 4 Aq.), schiefen rhombischen Prismen; sie hat keinen Geruch und nur einen schwach sauren Geschmack, röthet schwach Lakmus, löst sich nur wenig in kaltem, reichlicher in heißem Wasser, auch ohne Zersetzung in starken Säuren, durch welche sie aber beim längeren Kochen in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt, und verwandelt sich beim Erhitzen in Cyansäurehydrat.

§. 852. Die Cyanursäure bildet mit den basischen Oxyden die cyanursauren Salze, Cyanurates, in denen das Wasser des Hydrates zu $^1/_3$, $^2/_3$ oder gänzlich durch 1, 2, oder 3 Aequiv. Basis vertreten ist (jedoch können keine Salze mit 3 Aequiv. eines schwer reducirbaren Metalloxydes hervorgebracht werden). Die cyanursauren Alkalien schmelzen in der Hitze und hinterlassen unter Entwicklung von cyansaurem Ammoniak, Cyansäurehydrat, Kohlensäure und Stickstoffgas ein cyansaures Salz; alle werden durch stärkere Säuren zersetzt und Cyansäure abgeschieden.

Man erhält die cyanursauren Salze theils durch Sättigen der Basis mit der Säure, theils durch doppelte Affinität. Cyanursaures Kali ist (als KO, 2 Aq., $Cy_3 O_3$) in schwerlöslichen, glänzendweißen, kleinen Würfeln oder (als 2 KO, Aq., $Cy_3 O_3$,) in weißen Nadeln krystallisirbar. Cyanursaures Ammoniak ($H_4 NO$, 2 Aq., $Cy_3 O_3$ + Aq.) krystallisirt in weißen glänzenden Säulen. Cyanursaures Silberoxyd giebt (als 2 AgO, Aq., $Cy_3 O_3$) beim Erhitzen Cyansäurehydrat, wird aber als 3 AgO, $Cy_3 O_3$ (in welchem Falle es genau die Zusammensetzung des cyansauren Silberoxydes hat) noch nicht bei 300° zersetzt.

Cyan und Wasserstoff.

Cyanwasserstoff, Hydrocyansäure (vergl. Bd. 3, S. 415 ff.).

95,93	— 26,0	Cyan
4,07	— 1,0	Wasserstoff
100,00	— 27,0	Cyanwasserstoff.

Symb. und Aequiv. $C_2 NH$ oder $Cy H = 27{,}0$. Atom. CyH.

Ueber Darstellung, Eigenschaften u. s. w. vergl. a. a. O.

§. 853. Der Cyanwasserstoff bildet (analog den Wasserstoffverbindungen der Salzzeuger) bei der Berührung mit Metalloxyden Wasser und Cyanmetalle, welche letztere, insofern sie in Wasser gelöst oder damit krystallisirt sind, als cyanwasserstoffsaure oder blausaure Salze, Hydrocyanates, betrachtet werden können. Die Cyanide der Alkalimetalle können bei Abschluß der Luft und Feuchtigkeit sehr hohe Temperaturen ertragen, ohne eine Zersetzung zu erleiden, sind in Wasser löslich und reagiren alkalisch; sie entwickeln in Berührung mit verdünnten Säuren und

selbst an kohlensäurehaltiger atmosphärischer Luft Blausäure, welche Eigenschaft sie bei der Verbindung mit Cyaniden der schweren Eigenschaften verlieren; beim Kochen ihrer Lösungen mit überschüssigem Alkali verwandeln sie sich unter Entwicklung von Ammoniak in ameisensaure Salze. Die Cyanide der schweren Metalle werden beim Erhitzen für sich entweder (wie Cyanquecksilber, Cyansilber) in Metall und Cyan oder (wie die Cyanide der meisten übrigen Metalle) in ein Kohlenstoffmetall und freies Stickstoffgas zersetzt. Die meisten Cyanide der schweren Metalle werden nicht durch verdünnte Sauerstoffsäuren, schwierig durch kochende Salpetersäure, aber leicht durch Schwefelsäure und Salzsäure in Cyanwasserstoff und ein schwefelsaures Salz oder ein Chlormetall zersetzt. Sie sind sämmtlich in Wasser unlöslich und geben bei Berührung mit einem großen Ueberschuß von Salzsäure oder beim Erhitzen mit Kalihydrat ein Chlormetall oder Metalloxyd unter Bildung von Ammoniak und Ameisensäure. Die Lösungen der Cyanalkalimetalle in Wasser geben mit salpetersaurem Silberoxyd einen weißen, nicht in verdünnter Salpetersäure, leicht in Ammoniak und Cyankalium löslichen, mit salpetersaurem Bleioxyd einen weißen, in verdünnter Salpetersäure nicht löslichen und mit schwefelsaurem Eisenoxydoxydul einen blauen Niederschlag.

Man erhält die Cyanmetalle theils durch Sättigung der basischen Körper mit Cyanwasserstoff und Verdunsten, theils aber durch einfache oder doppelte Affinität. Kaliumcyanid, KCy, wird aus Kaliumeisencyanür durch Erhitzen desselben bis zum Rothglühen und Auslaugen der Masse mit Weingeist, zweckmäßiger durch Leiten von Blausäuredämpfen in eine weingeistige Kalilösung erhalten (über Eigenschaften u. s. w. vergl. Bd. 3, S. 435). Natriumcyanid, $NaCy$, verhält sich wie voriges. Ammoniumcyanid, H_4NCy, leicht durch Destillation von Cyanmetallen mit Ammoniaksalzen oder durch Zusammentreten von wasserfreiem Ammoniak und Cyanwasserstoff darzustellen, krystallisirt in glänzenden Blättchen, ist fast so flüchtig wie die Blausäure, wirkt giftig, riecht eigenthümlich stark und durchdringend, löst sich in Wasser und wird in dieser Lösung schnell zersetzt. Eisencyanür, $FeCy$, und Eisencyanid, Fe_2Cy_3, sind im isolirten Zustand unbekannt, verbinden sich aber nicht allein unter einander in mehreren Verhältnissen (wie z. B. Pelouze's Eisencyanidcyanür $= FeCy, Fe_2Cy_3$, das Pariserblau $= 3FeCy, 2Fe_2Cy_3$ und das Turnbull's Blau $= 3FeCy, Fe_2Cy_3$ zusammengesetzt ist), sondern auch mit Cyanwasserstoff (vergl. §. 854). Kobaltcyanür, durch Vermischen des essigsauren Kobaltoxydes mit Blausäure erhalten, scheidet sich als ein bräunlichweißer Niederschlag ab. Nickelcyanid (2 NiCy, 3 Aq.) ist ein blaß-apfelgrüner Niederschlag, welcher das Wasser erst bei 180° verliert und dann hellbraun ist. Cadmiumcyanid, $CdCy$, ist krystallisirbar. Silbercyanid, $AgCy$, ist ein blendend weißer, leicht in Ammoniak, salpetersaurem Silberoxyd und Cyanalkalimetallen löslicher Niederschlag, der beim Erhitzen schmilzt und unter heftiger Gasentwicklung und plötzlichem Erglühen in Paracyansilber übergeht. Palladiumcyanür, $PdCy$, ist ein hell rehfarbener Niederschlag, der mit Ammoniak, salpetersaurem Palladiumoxydul und Cyankalium Doppelsalze bildet. Quecksilbercyanür, Hg_2Cy, existirt (über Quecksilbercyanid, Goldcyanid und Zinkcyanid vergl. Bd. 3, S. 436—439).

§. 854. Einige unlösliche Cyanmetalle, wie das Eisencyanür, Eisencyanid und Kobaltcyanid, haben die Eigenschaft, sich mit Cyanwasserstoff

verbinden zu können und damit eigenthümliche Säuren zu geben, welche mehr oder weniger leicht krystallisirbar sind, stark sauer schmecken, nicht sehr giftig wirken, Lakmus bleibend röthen, in Wasser leicht löslich sind, kohlensaure Salze unter Aufbrausen zersetzen und sich besonders dadurch auszeichnen, daß die in ihnen enthaltenen Metalle weder durch Schwefelwasserstoff, noch durch reine oder geschwefelte Alkalien gefällt werden.

Cyanwasserstoff-Eisencyanür, Ferrocyanwasserstoffsäure (FeCy, 2 CyH, Aq.) wird durch Zersetzung des frisch gefällten Eisencyanbleis oder Eisencyankupfers mit Schwefelwasserstoff und Verdunsten des Filtrates im luftleeren Raum in feinen, weißen, an der Luft blau werdenden Schuppen erhalten; es verbindet sich mit den Basen unter Bildung von Wasser zu Eisencyanürmetallen, Ferro-Cyanureta, die im wasserhaltigen oder gelösten Zustande als eisencyanürcyanwasserstoffsaure Salze, Hydroferrocyanates, betrachtet werden können. Von diesen Verbindungen sind nur die mit Cyanalkalimetallen löslich, die übrigen unlöslich; sie werden beim Glühen sämmtlich zersetzt, indem sich immer Kohlenstoffeisen bildet und das andere Cyanmetall entweder unzersetzt bleibt oder ebenfalls der Zersetzung unterliegt; sie entwickeln mit Säuren Cyanwasserstoff.

Cyanwasserstoff-Eisencyanid, Ferridcyanwasserstoffsäure (Fe_2Cy_3, 3 CyH), wird durch Zersetzung des Bleieisencyanides mit Schwefelwasserstoff und Verdunsten des Filtrates in bräunlichen Krystallen erhalten; es verbindet sich mit den basischen Oxyden unter Bildung von Wasser zu den Eisencyanid-Metallen, Ferrid-Cyaneta, die im wasserhaltigen Zustand als eisencyanidcyanwasserstoffsaure Salze, Hydroferridcyanates, betrachtet werden können und sich wie die Eisencyanürmetalle verhalten, von diesen aber dadurch sich unterscheiden, daß die löslichen Verbindungen wohl in Eisenoxydullösungen, aber nicht in Eisenoxydlösungen einen Niederschlag hervorbringen. Die bekanntesten dieser beiden Arten von Verbindungen sind das Bd. 3, S. 439—442 beschriebene Kaliumeisencyanür und Kaliumeisencyanid.

Das Kobaltcyanid geht mit dem Eisencyanid ganz analoge Verbindungen ein, wie z. B. das Cyanwasserstoff-Kobaltcyanid (Co_2Cy_3, 3 CyH), das Kaliumkobaltcyanid (3 KCy, Co_2Cy_3), das Bleicobaltcyanid (3 PbCy, Co_2Cy_3) u. s. w. Ueberhaupt bilden sämmtliche unlösliche Cyanmetalle mit den Alkalicyaniden Verbindungen, die meist krystallisirbar und in Wasser löslich sind und bei der Vermischung mit einem Metallsalz eine andere unlösliche Verbindung geben.

Anmerk. Ueber die Constitution der Cyaneisenverbindungen hat man drei verschiedene Ansichten, nämlich

1) nach Berzelius:
FeCy = Eisencyanür;
FeCy, 2 CyH = Ferrocyanwasserstoffsäure;
FeCy, 2 KCy = Kaliumeisencyanür;
FeCy, 2 KCy + FeCy, 2 CaCy = Kaliumcalciumeisencyanür;
3 FeCy, 2 Fe_2Cy_3 = Berlinerblau;
3 FeCy, 2 Fe_2Cy_3, Fe_2O_3 = basisches Berlinerblau;
FeCy, 2 KCy + 3 FeCy, 2 Fe_2Cy_3 = auflösliches Berlinerblau;

Fe_2Cy_3 = Eisencyanid;
Fe_2Cy_3, 3 CyH = Ferridcyanwasserstoffsäure;
Fe_2Cy_3, 3 KCy = Kaliumeisencyanid;
Fe_2Cy_3, 3 FeCy = Eisencyanidcyanür;

2) nach Liebig:
Cfy (= $FeCy_3$) = Ferrocyan;
Cfy, 2 H = Ferrocyanwasserstoffsäure;
Cfy, 2 K = Ferrocyankalium;
Cfy, KCa = Ferrocyankaliumcalcium;
3 Cfy, 2 Fe_2 = Ferrocyanideisen, Berlinerblau;
3 Cfy, 2 Fe_2, Fe_2O_3 = basisches Berlinerblau;
2 Cfy = Ferridcyan;
2 Cfy, 3 H = Ferridcyanwasserstoffsäure;
2 Cfy, 3 K = Ferridcyankalium;
2 Cfy, 3 Fe = Turnbull's Blau;

3) nach Graham:
Pr (Cy_3) = Prussin;
Pr, 3 H = Prussinwasserstoffsäure;
Pr, Fe, 2 H = Prussineisenwasserstoffsäure;
Pr, Fe, 2 K = Prussineisenkalium;
Pr, Fe, K, Ca = Prussineisenkaliumcalcium;
Pr, Fe_6 + 2 $PrFe_2$ } = Berlinerblau;
3 Pr, 3 Fe, 2 Fe_2 }

Cyan und Salzzeuger.

Chlorcyan, Cyanchlorid.

42,3 — 26,000	und	76,000	Cyan
57,7 — 35,463	und	106,389	Chlor
100,0 — 61,463	und	182,389	Chlorcyan.

Symb. und Aequiv. C_2NCl oder $CyCl$ = 61,463 und C_6N_3Cl oder Cy_3Cl_3 = 182,389. Atom. €y €l und $€y_3$ $€l_3$.

§. 855. Man kennt diese zwei polymere Verbindungen des Chlorcyans; das erste, CyCl, entsteht beim Einleiten von Chlorgas in wässerige Blausäure oder beim Zusammenbringen von Chlorgas mit befeuchtetem Quecksilbercyanid im Dunkeln, ist bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig, erstarret bei — 80° zu langen, eisartigen, bei — 15° schmelzenden und bei — 12° siedenden Nadeln, hat einen unerträglich durchdringenden Geruch, reizt heftig zum Thränen, wird von Wasser, Weingeist und Aether absorbirt und von alkalischen Metalloxyden zersetzt, färbt Eisenoxydulsalze dunkelgrün und verwandelt sich am Sonnenlicht in eine gelbe, ölartige, nicht in Wasser, aber in Weingeist lösliche Flüssigkeit. Das zweite Chlorcyan, Cy_3Cl_3, bildet sich beim Zusammenbringen von trockenem Chlorgas mit Cyanwasserstoff am Sonnenlicht oder beim Erhitzen des Rhodankaliums (Schwefelcyankalium) mit Chlorgas, ist weiß, in weißen Nadeln bei 190° sublimirbar, bei 140° schmelzbar, von mäuseähnlichem Geruch und scharfem, stechendem Geschmack und in Weingeist und Aether löslich; es zerfällt beim Erwärmen mit Wasser in Cyanursäure und Salzsäure.

Bromcyan, Cyanbromid, CyBr, bildet sich bei der Einwirkung von Brom auf Quecksilbercyanid unter heftiger Wärmeentwicklung und sublimirt in weißen, farblosen, kleinen Würfeln, die schon bei 15° gasförmig werden; es hat einen äußerst reizenden Geruch, wirkt giftig und ist in Wasser und Weingeist nicht löslich.

Jodcyan, Cyaniodid, CyI, bildet sich beim Erhitzen des Quecksilber-

cyanides mit Jod und sublimirt in Form eines krystallinischen Schnees oder in langen Nadeln, ist bei 45° flüchtig, hat einen durchdringenden, zum Thränen reizenden Geruch und ist in Wasser, Weingeist und Aether ohne Zersetzung löslich.

Schwefelcyan, Cyansulphid, $Cy S_2$ und $Cy S_3$, stellen zwei besondere Radikale dar und werden unten weiter beschrieben.

Mellan oder Mellon.

39,13 —	36,0	Kohlenstoff
60,87 —	56,0	Stickstoff
100,00 —	92,0	Mellan.

Symb. und Aequiv. $C_6 N_4$ oder Mll = 92,0. Atom. $C_6 N_8$.

§. 856. Das von Liebig entdeckte Mellan bildet sich beim Glühen des Rhodans (Schwefelcyans) in verschlossenen Gefäßen oder beim Erhitzen des Rhodankaliums in Chlorgas, ist citronengelb, pulverig, in Wasser, Weingeist und verdünnten Säuren unlöslich und wird sowohl durch starkes Erhitzen (in Cyan und Stickstoff), als auch durch Digestion mit Salpetersäure (in Cyanilsäure) oder ätzenden Alkalien (vergl. unten) zersetzt. Das Mellan verbindet sich unmittelbar mit Kalium unter Feuerentwicklung und mittelbar mit Wasserstoff zu Mellanwasserstoff, Mll H, welcher durch Zersetzung des Mellankaliums mit einer Mineralsäure als ein weißes, gallertartiges, wenig in Wasser lösliches Hydrat erhalten wird und sich mit Metalloxyden zu Wasser und Mellanmetallen, Mellaneta, zerlegt, von denen die der Erdalkalimetalle und schweren Metalle in Wasser unlöslich sind. Mellankalium oder Kaliummellanid, K Mll, krystallisirt in wasserhaltigen, sehr kleinen Nadeln, ist ohne Zersetzung schmelzbar und in Wasser schwierig löslich.

Die Cyanilsäure, welche dieselbe Zusammensetzung wie die krystallisirte Cyansäure hat und gleich dieser 4 Aequiv. Krystallwasser aufnehmen kann, ist das Produkt der lang andauernden Einwirkung verdünnter kochender Salpetersäure auf Mellan und krystallisirt aus heißem Wasser in perlmutterglänzenden Blättchen, welche bei 100° unter Verlust des Krystallwassers undurchsichtig werden und zu einem weißen Pulver zerfallen; bei der trocknen Destillation wird sie in Cyansäurehydrat, durch Lösen in Schwefelsäure oder Kalilauge in Cyanursäure verwandelt.

Eine eigenthümliche Säure bildet sich unter Ammoniakentwicklung beim Kochen des Mellans mit Kalilauge und scheidet sich beim Verdampfen der Flüssigkeit mit Kali verbunden in langen Nadeln ab. Wird dieses Kalisalz in der warmen Lösung mit Essigsäure und die hierbei sich abscheidende Verbindung mit Salpetersäure vermischt, so erhält man die Säure kalifrei in glänzenden durchsichtigen Nadeln, deren Lösung Silbersalze weiß niederschlägt.

b) Ternäre Radikale.

Benzoyl.

80,00 —	84,0	Kohlenstoff
4,67 —	5,0	Wasserstoff
15,33 —	16,0	Sauerstoff
100,00 —	105,0	Benzoyl.

Symb. und Aequiv. $C_{14} H_5 O_2$ oder Bz = 105,0. Atom $C_{14} H_{10} O_2$.

§. 857. Das Benzoyl, welches zuerst als ein organisches Radikal erkannt wurde, ist für sich noch unbekannt (eine isomere Verbindung desselben ist das von Laurent entdeckte Benzil, worüber Bd. 3, S. 786 zu vergleichen ist); es hat seinen Ursprung in dem flüchtigen Bittermandelöl und einer Reihe daraus entstehenden Verbindungen, namentlich der auch natürlich vorkommenden Benzoësäure.

Verbindungen des Benzoyls sind:

$Bz\,O$	= Benzoylsäure oder Benzoësäure, vergl. Bd. 3, S. 459;
$Bz\,H$	= Benzoylwasserstoff oder ätherisches Bittermandelöl, vergl. Bd. 3, S. 781;
$Bz_2\,Id$	= Benzimid, vergl. a. a. O. S. 794;
$Bz\,Ad$	= Benzamid, vergl. a. a. O. S. 783;
$Bz\,Cl$	= Chlorbenzoyl, vergl. a. a. O. S. 782;
$Bz\,Br$	= Brombenzoyl, vergl. a. a. O. S. 782;
$Bz\,I$	= Jodbenzoyl, vergl. a. a. O. S. 782;
$Bz\,Cy$	= Cyanbenzoyl, vergl. a. a. O. S. 783;
$Bz\,S$	= Schwefelbenzoyl, vergl. a. a. O. S. 782;
$Bz\,H, \overline{F}, Aq.$	= ameisensaurer Benzoylwasserstoff oder Mandelsäure, vergl. a. a. O. S. 785;
$Bz\,H, 2\,Bz\,O$	= benzoylsaurer Benzoylwasserstoff, vgl. a. a. O. S. 785.
$Bz\,Ad, \overline{Eq}., Aq.$	= equisetsaures Benzamid oder Hippursäure, vergl. a. a. O. S. 519 u. 783:
$Bz\,H, Cy\,H, \overline{F}$	= ameisensaurer und blausaurer Benzoylwasserstoff.

Berzelius, welcher die Existenz ternärer Radikale bestreitet, so wie auch Mitscherlich und Löwig, haben für die Benzoylverbindungen eine andere theoretische Zusammensetzung aufgestellt.

a) nach Berzelius:

Pk oder $C_{14}H_6$	= Pikramyl, unbekannt;
$Pk\,O_2$	= Pikramyloxyd oder Benzoylwasserstoff;
$Pk\,S_2$	= Schwefelpikramyl;
$Pk\,N_2$	= Stickstoffpikramyl;
	u. s. w.

b) nach Löwig:

Bz oder $C_{14}H_5$	= Benzoyl, unbekannt;
$Bz\,O$	= Benzoyloxyd, unbekannt;
$Bz\,O_2$	= benzoylige Säure, unbekannt;
$Bz\,O_3$	= Benzoylsäure;
$Bz\,O_2\,Cl$	= Chlorbenzoësäure;
	u. s. w.

c) nach Mitscherlich:

$C_{12}H_5, C_2O_2$	= Benzid-Kohlenoxyd;
$C_{12}H_5, CO$	= Carbo-Benzid;
$C_{12}H_6, 2\,CO_2$	= Benzinkohlensäure;
$C_{12}H_6, C_2O_2$	= Benzin-Kohlenoxyd;
$C_{12}H_5, C_2O_2Cl$	= Benzid-Chlorkohlenoxyd.

Salicyl, Spiroyl.

69,42 —	84,0	Kohlenstoff
4,15 —	5,0	Wasserstoff
26,43 —	32,0	Sauerstoff
100,00 —	121,0	Salicyl.

Symb. und Aequiv. $C_{14} H_5 O_4$ oder Sl = 121,0. Atom. $C_{14} H_{10} O_4$.

§. 858. Das Salicyl ist ein hypothetisches Radikal, das aber gleich dem Benzoyl mit Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor u. s. w. Verbindungen eingeht; es hat seinen Ursprung in dem Spiräaöl und findet sich auch in dem öligen Produkte der Destillation des Salicins mit saurem chromsaurem Kali und Schwefelsäure.

Verbindungen des Salicyls sind:

SlH = Salicylwasserstoff, vgl. Bd. 3, S. 656 u. 768;
SlO = Salicylsäure, vgl. a. a. O. S. 656.
SlCl = Salicylchlorid, vgl. a. a. O. S. 768.
SlBr = Salicylbromid, vgl. a. a. O.
SlI = Salicyliodid, vgl. a. a. O.
SlO, MeO = salicylsaures Methyloxyd oder Gaultheriaöl, vgl. Bd. 3, S. 759.

Cinnamyl.

82,44 —	108,0	Kohlenstoff
5,34 —	7,0	Wasserstoff
12,22 —	16,0	Sauerstoff
100,00 —	131,0	Cinnamyl.

Symb. und Aequiv. $C_{18} H_7 O_2$ oder Ci = 131,0. Atom. $C_{18} H_{14} O_2$.

§. 859. Das Cinnamyl ist bis jetzt noch nicht so bestimmt als ein Radikal nachgewiesen, als die übrigen; es findet sich im Zimmtöl und der daraus entstehenden Zimmtsäure.

Verbindungen des Cinnamyls sind:

CiO = Zimmtsäure oder Cinnamylsäure, vgl. Bd. 3, S. 753;
CiH, CiH_3, CiH_4 = Zimmtöl oder Cinnamylwasserstoff, vgl. a. a. O. S. 754.

Suberyl.

77,42 —	48,0	Kohlenstoff
9,68 —	6,0	Wasserstoff
12,90 —	8,0	Sauerstoff
100,00 —	62,0	Suberyl.

Symb. und Aequiv. $C_8 H_6 O$ oder Su = 62,0. Atom. $C_8 H_{12} O$.

§. 860. Das Suberyl ist ebenfalls nur ein sehr hypothetisches Radikal; es findet sich in der Korksäure.

Verbindungen des Suberyls sind:

SuO_2 = Suberylsäure oder Korksäure, vgl. Bd. 3, S. 902;
SuH = Suberylwasserstoff oder Suberan, vgl. a. a. O.

Uren.

44,44 —	12,0	Kohlenstoff
3,70 —	1,0	Wasserstoff
51,86 —	14,0	Stickstoff
100,00 —	27,0	Uren.

Symb. und Aequiv. $C_2 H N$ oder Ur = 27,0. Atom. $C_2 H_2 N_2$.

§. 861. Das Uren ist ein unbekanntes (mit der Cyanwasserstoffsäure isomeres) Radikal, welches nach Berzelius im Harnstoff als Oxyd mit Ammoniak verbunden ist.

Als Verbindungen des Urens sind anzunehmen:

UrO_2 = Urenoxyd, unbekannt;
UrO_2, H_3N = Urenoxydammoniak oder Harnstoff;
UrS_2 = Urensulphid, unbekannt;
UrS, SH = Urensulphid-Schwefelwasserstoff.

Rhodan, Schwefelcyan.

20,69 —	12,0	Kohlenstoff
24,14 —	14,0	Stickstoff
55,17 —	32,0	Schwefel
100,00 —	58,0	Rhodan.

Symb. und Aequiv. C_2NS_2 oder Rd = 58,0. Atom. $C_2N_2S_2$.

§. 862. Das Rhodan kann nicht isolirt dargestellt werden, sondern nur in Verbindung mit Wasserstoff und Metallen bestehen. Der Rhodanwasserstoff oder Schwefelcyanwasserstoff, früherhin auch Schwefelblausäure genannt (RdH oder C_2NS_2H), findet sich in den Samen und Blüthen der Cruciferen und wird im wässerigen Zustand durch Zersetzung des Rhodanbleis mit verdünnter Schwefelsäure oder des Rhodansilbers mit Schwefelwasserstoff und Wasser als eine farblose, rein sauer schmeckende, an der Luft oder in der Wärme sich leicht zersetzende Flüssigkeit, wasserfrei aber bei der Zersetzung des Rhodanquecksilbers durch trocknes salzsaures Gas in gelben Krystallen erhalten, welche an der Luft unter Entwicklung von Blausäure zu einem gelben Pulver von Xanthanwasserstoffsäure zerfallen. Die Rhodanwasserstoffsäure wird leicht durch Chlor und Salpetersäure zersetzt und bildet mit den basischen Oxyden Wasser und Rhodanmetalle oder Schwefelcyanmetalle, Rhodaneta, Sulpho-Cyaneta. Die löslichen Rhodanmetalle entstehen auch beim Glühen eines überschwefelten Metalles in Cyangas, beim Erhitzen oder Schmelzen löslicher Cyanmetalle mit Schwefel oder der unlöslichen Cyanmetalle mit unlöslichen Schwefelalkalimetallen; die unlöslichen werden durch doppelte Affinität erhalten. Die Rhodanalkalimetalle vertragen eine hohe Temperatur, ohne sich zu zersetzen, werden aber bei Zutritt von Sauerstoff unter Entwicklung schwefeliger Säure in cyansaure und schwefelsaure Salze verwandelt. Die Rhodanide der schweren Metalle zerfallen beim Erhitzen in Schwefelkohlenstoff, Schwefelmetalle, Melam und Schwefel, beim Glühen von Chlorgas in Chlormetalle, Mellan, Chlorschwefel und Chlorcyan. Die Rhodanalkalischwefelmetalle sind sämmtlich, die Rhodanide der schweren Metalle nur zum Theil in Wasser und fast sämmtlich in Weingeist löslich; die löslichen Rhodanide gehen mit Quecksilbercyanid leicht krystallisirbare Verbindungen ein. Die Lösungen der Rhodanmetalle zeichnen sich dadurch aus, daß sie selbst in verdünnten Eisenoxydlösungen eine blutrothe Färbung, aber keinen Niederschlag hervorbringen; mit salpetersaurem Silberoxyd geben sie einen weißen, käsigen, nicht in verdünnter Salpetersäure, leicht in Ammoniak löslichen Niederschlag von Rhodansilber; aus salpetersaurem Quecksilberoxydul bilden sie unter Abscheidung von Quecksilber Rhodanquecksilber; aus Kupfervitriol geben sie erst nach Zusatz von Eisenvitriol einen weißen, körnigen Niederschlag von Rhodankupfer; aus concentrirter Bleizuckerlösung scheiden sie gelbe, glänzende, undurchsichtige Krystalle von Rhodanblei ab, was durch kochendes Wasser in Bleioxyrhodanid und Rhodanwasserstoffsäure zerlegt wird.

Rhodankalium oder Schwefelcyankalium (KRd oder KC_2NS_2) wird durch schwaches Rothglühen von Kaliumeisencyanür mit Schwefel, Auflösen in Wasser, Vermischen der Lösung mit kohlensaurem Kali, längeres Kochen der Flüssigkeit, Verdampfen des Filtrates und Entfernen des kohlensauren Kalis durch Weingeist nach dem Verdampfen desselben in langen, gestreiften, farblosen, wasserfreien, kühlend und etwas beißend schmeckenden Säulen, welche an der Luft zerfließen und in Weingeist löslich sind.

Rhodanammonium oder Schwefelcyanammonium bildet sich beim Sättigen der Rhodanwasserstoffsäure mit Ammoniak oder beim Lösen von Schwefelkohlenstoff in ammoniakhaltigem Weingeist und stellt eine zerfließliche Salzmasse dar, welche in der Hitze erst Ammoniak, dann Schwefelkohlenstoff und endlich Schwefelammonium entwickelt und bei nicht zu hoch gesteigerter Temperatur Melam, $C_{12}H_9N_{11}$, hinterläßt; dieser ist weißgrau, amorph und nicht in Wasser Weingeist und Aether, wohl aber in concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure löslich, in welchen Lösungen es beim längeren Kochen mit Wasser in Cyanursäure und Ammoniak zerfällt; diese Produkte bilden sich auch beim Zusammenschmelzen mit Aetzkali. Wird hingegen das Melam mit verdünnter Kalilauge gekocht, so bilden sich zwei neue Körper, nämlich das Melamin, $C_6H_6N_6$, welches in Oktaëdern krystallisirt, in Wasser löslich ist und mit den Säuren unter Aufnahme von Wasser krystallisirbare Salze bildet, und das Ammelin, $C_6H_5N_5O_2$, welches aus mikroskopischen Nadeln besteht, glänzend weiß und in Wasser, Weingeist und Aether unlöslich ist und mit stärkeren Säuren unter Aufnahme von Wasser krystallisirbare Salze bildet. Wird Melam, Melamin oder Ammelin in concentrirter Schwefelsäure gelöst und die Lösung mit Weingeist vermischt, so schlägt sich Ammelid, $C_{12}H_9N_9O_6$, als ein weißes, in Wasser, Weingeist und Aether unlösliches Pulver nieder, welches mit Salpetersäure eine schon durch Wasser zersetzbare Verbindung eingeht.

Xanthan.

16,22	12,0	Kohlenstoff
18,92	14,0	Stickstoff
64,86	48,0	Schwefel
100,00	74,0	Xanthan.

Symb. und Aequiv. C_2NS_3 oder $X = 74{,}0$. Atom. $C_2N_2S_3$.

§. 863. Dieses noch nicht isolirte Radikal kennt man nur in Verbindung mit Wasserstoff als Xanthanwasserstoff oder Ueberschwefelcyanwasserstoffsäure, XH, welche durch Einwirkung von trockner Salzsäure auf schmelzendes Rhodankalium und weitere Zersetzung der freiwerdenden Rhodanwasserstoffsäure unter Entwicklung von Blausäure oder deren Zersetzungsprodukte als eine schwefelgelbe krystallinische Masse erhalten wird; er ist ohne Geruch und Geschmack, röthet Lakmus, löst sich in Wasser, leichter in Weingeist und Aether, wird bei 250° Grad zersetzt und bildet mit basischen Oxyden Xanthanmetalle und Wasser.

Die Xanthanalkalimetalle sind in Wasser löslich, die meisten übrigen aber unlöslich und von schön gelber Farbe.

Ueber Kakodyl, $C_4H_6As_2$ oder Kk, vergl. Bd. 3, S. 1076—1079.

c) Quaternäre Radikale.

Rubean.

20,34 —	12,0	Kohlenstoff
1,70 —	1,0	Wasserstoff
23,37 —	14,0	Stickstoff
54,59 —	32,0	Schwefel
100,00 —	59,0	Rubean.

Symb. und Aequiv. C_2HNS_2 oder Rb = 59,0. Atom. $C_2H_2N_2S_2$.

§. 864. Das mit der Rhodanwasserstoffsäure isomere Rubean ist für sich unbekannt; es bildet mit Wasserstoff den Rubeanwasserstoff, RbH, welcher sich beim gleichzeitigen Einleiten von 2 Vol. Schwefelwasserstoffgas und 1 Vol. Cyangas in starkem Weingeist in schön orangerothen Krystallen abscheidet, zum Theil sublimirbar und wenig in Wasser, leicht in heißem Weingeist, auch ohne Zersetzung in concentrirte Schwefelsäure löst und mit basischen Oxyden Wasser und Rubeanmetalle bildet.

Die Rubeanmetalle sind von gelber Farbe.

Flavean.

23,53 —	24,0	Kohlenstoff
1,96 —	2,0	Wasserstoff
27,45 —	28,0	Stickstoff
47,06 —	48,0	Schwefel
100,00 —	102,0	Flavean.

Symb. und Aequiv. $C_4H_2N_2S_3$ oder Fv = 102,0. Atom. $C_4H_4N_4S_3$.

§. 865. Dieses Radikal kennt man nur in Verbindung mit Wasserstoff als Flaveanwasserstoff, welcher sich bei der Einwirkung von feuchtem Cyangas auf feuchtes Schwefelwasserstoffgas über Quecksilber bildet und an den Wänden des Gefäßes in gelben durchsichtigen Krystallen niederschlägt; er reagirt nicht auf Lakmus und löst sich leicht in Wasser und Weingeist.

Als ein den quaternären Radikalen sich anschließender Körper kann man noch das Proteïn betrachten, dessen natürliche oder künstliche Verbindungen durch folgende Formeln in der Zusammensetzung ausgedrückt werden:

$C_{40}H_{31}N_5O_{12}$ =	Prt	= Proteïn;
	$PrtO_2$	= Proteïndeutoxyd;
	$PrtO_3$	= Proteïntritoxyd;
	$PrtO_8$	= Proteïnsuperoxyd; *)
	$Prt_{15}S$	= Globulin oder Krystallin;
	$Prt_{10}S$	= Käsestoff;
	$Prt_{10}S_2$	= Pflanzenleim;
	$Prt_{10}SP$	= Thierfaserstoff;
	$Prt_{10}S_2P$	= Eiweißstoff.

Vergl. über diese Körper im dritten Bande.

B. Von den organischen Säuren. **)

§. 866. Als organische Säuren begreift man im engeren Sinne alle diejenigen Körper organischen Ursprungs, welche mit den meisten stärke-

*) Das Proteïnsuperoxyd bildet sich beim längeren Kochen der Hefe mit Wasser und nimmt dabei noch 6 Aequiv. Wasser auf, weßhalb seine empyrische Zusammensetzung durch die Formel $C_{40}H_{37}N_5O_{26}$ ausgedrückt wird.

**) Im dritten Band S. 445—523 sind die wichtigsten organischen Säuren, die durch den Organismus gebildet werden, und einige künstlich erzeugte nach Darstellung

ren oder schwächeren Basen eine Reihe von Salzen bilden, die denen der Mineralsäuren analog sind. In anderer Beziehung haben die organischen Säuren wenig Charakteristisches; die meisten sind fest und krystallisirbar, nur wenige (wie die Essigsäure, Ameisensäure und Milchsäure) flüssig; die meisten werden in der Hitze unter Abscheidung von Kohle zersetzt, und nur wenige (wie Essigsäure, Ameisensäure, Bernsteinsäure und Benzoësäure) sind unzersetzt flüchtig, während eine größere Zahl hierbei in Kohlensäure (und Wasser) und neue Säuren, sog. Brenzsäuren, zerfallen. In Beziehung auf den Grad der Löslichkeit in den gewöhnlichsten Lösungsmitteln (Wasser und Weingeist) weichen die organischen Säuren bedeutend unter einander ab (unlöslich in beiden Flüssigkeiten sind nur Harnsäure und Schleimsäure, in Wasser die nicht flüchtigen Fettsäuren). Die Salze der organischen Säuren werden beim Erhitzen sämmtlich zersetzt (nur die essigsauren Salze geben theilweise hierbei etwas Essigsäure ab); die Alkalisalze sind meist in Wasser löslich und hinterlassen sämmtlich beim Glühen an der Luft kohlensaure Alkalien; die Löslichkeit der Erd- und Metallsalze ist bei den verschiedenen Säuren sehr verschieden. Essigsäure, Ameisensäure, Milchsäure und die mit Schwefelsäure gepaarten Säuren geben fast nur lösliche Salze.

In Beziehung auf die Zusammensetzung und das Verhalten in der Hitze werden die organischen Säuren in stickstofffreie und stickstoffhaltige, so wie in flüchtige und (ohne Zersetzung) nicht flüchtige, letztere aber in Brenzsäuren liefernde und vollkommen zersetzbare organische Säuren eingetheilt.

§. 867. Die organischen Säuren sind theils die Produkte organischer Processe in Pflanzen und Thieren, theils werden sie nach dem Absterben der Organismen durch Einfluß der atmosphärischen Luft gebildet. Sie finden sich zum Theil allgemeiner verbreitet, zum Theil nur in einzelnen Familien oder einzelnen Theilen, und zwar entweder frei oder an unorganische oder organische Basen gebunden. Nur wenige dieser Säuren (wie Ameisensäure) lassen sich auf dem Wege der Kunst erzeugen. Zu den organischen Säuren werden auch diejenigen sauren Körper gerechnet, welche durch chemische Operationen gebildet werden und sich mit basischen Körpern nach Art der Mineralsäuren verbinden.

Man theilt die organischen Säuren deßhalb in natürlich vorkommende und künstlich erzeugte Säuren.

§. 868. Bei der Verbindung der organischen Säuren mit einer Basis betrachtet man, ganz wie bei den unorganischen Säuren (vgl. §. 72), dasjenige Salz als ein neutrales, in dem sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure wie die Zahl der Sauerstoffäquivalente in der Basis zu der Zahl der Sauerstoffäquivalente in der Säure verhält.

Die Annahme dieses Gesetzes findet in der organischen Chemie einige Schwierigkeiten, und läßt manche Erscheinungen und Beobachtungen ganz unerklärt. Liebig hat dieses durch nachstehende Theorie und Eintheilung der organischen Säuren zu beseitigen gesucht (vergl. dessen organische Chemie, 1843, S. 604 ff.).

Theorie der organischen Säuren:

„Wenn ein Körper A sich mit einem Körper B in mehreren Verhältnissen verbindet, so ist die Menge B in der zweiten Verbindung

---

und Eigenschaften beschrieben; die übrigen, durch Zersetzung organischer Stoffe gebildeten Säuren sind den betreffenden Artikeln untergeordnet. Hier wird nur auf ihre allgemeinen Eigenschaften, ihre Zusammensetzung und Verhalten gegen basische Körper Rücksicht genommen, weßhalb über Uebriges a. a. O. zu vergleichen ist.

doppelt, die in der dritten dreimal u. s. w. so groß, als in der ersten. Diese Erfahrung hat man zu einem für sich bestehenden Gesetz erhoben; allein bei näherer Betrachtung ergiebt es sich von selbst, daß sie eine nothwendige Folge der Proportionen sein muß. Wenn sich in der That Blei mit Sauerstoff zu Bleioxyd vereinigt und diese Verbindung mit einer neuen Quantität Sauerstoff verbindet, so kann sich mit dem gebildeten Oxyd nicht mehr und nicht weniger als 1 Aequivalent Sauerstoff oder 2 Aequiv. Bleioxyd mit 1 Aequiv. Sauerstoff verbinden. Aus dieser Betrachtungsweise folgt von selbst, daß der Sauerstoff in dem Bleisuperoxyd auf eine andere Weise gebunden ist, als der in dem Oxyd, daß die Schwefelsäure und das Wasserstoffsuperoxyd z. B. mit eben so großer Wahrscheinlichkeit als Verbindungen von schwefeliger Säure mit Sauerstoff, oder von Wasser mit Sauerstoff, betrachtet werden kann.

Aus dieser Betrachtungsweise folgt von selber, daß das zweite Aequiv. Sauerstoff in dem Wasserstoffsuperoxyd, und das dritte Aequiv. in der Schwefelsäure ersetzt, vertreten werden können durch Aequivalente von anderen, sowohl einfachen, als zusammengesetzten Körpern. Denkt man sich das dritte Aequiv. Sauerstoff in der Schwefelsäure ersetzt durch Schwefel, so erhält man die Formel der unterschwefeligen Säure, durch Stickstoffoxyd ersetzt hat man die Formel der Nitroschwefelsäure, durch Chlor ersetzt die Formel einer durch Regnault entdeckten Verbindung, und wird das zweite Aequiv. Sauerstoff des Wasserstoffsuperoxydes durch Chlor vertreten, so hat man die Formel des Chlorhydrates:

SO_2, O = Schwefelsäure;
SO_2, S = unterschwefelige Säure;
SO_2, Cl = Chlorschwefelsäure;
SO_2, NO_2 = Nitroschwefelsäure, und
HO, O = Wasserstoffsuperoxyd;
HO, Cl = Chlorhydrat.

Diese Ansicht setzt also voraus, daß Verbindungen zusammengesetzter Körper mit einfachen Körpern nicht allein möglich, sondern auch wahrscheinlich sind. Wie man leicht bemerkt, erleidet die Sättigungscapacität der schwefeligen Säure keine Veränderung, wenn sie 1 Aequiv. Sauerstoff mehr aufnimmt, oder wenn dieser Sauerstoff vertreten wird durch Schwefel oder durch Stickstoffoxyd; an dieser Fähigkeit können mithin diese Materien keinen Antheil haben.

Man hat versucht, diese Ansicht zur Erklärung einiger Erscheinungen anzuwenden, welche manche unorganische Säuren sehr häufig darbieten, wenn sie mit organischen Verbindungen zusammentreffen, und die darin besteht, daß in die Zusammensetzung der wasserfreien unorganischen Säure eine organische Verbindung aufgenommen wird, ohne ihre sauren Eigenschaften aufzuheben oder ihre Sättigungscapacität zu vermindern (wie Naphthalin und Schwefelsäure, Benzin und Schwefelsäure).

Allein man kennt eine große Menge anderer Verbindungen, wo sich diese Erklärungsweise durchaus nicht anwenden läßt. Die Mandelsäure kennt man als eine Verbindung von Ameisensäure und Benzoylwasserstoff ($C_2HO_3 + C_{14}H_5O_2, H$), worin die Sättigungscapacität der Ameisensäure unverändert geblieben ist.

Es ist klar, daß in diesem Körper der Benzoylwasserstoff einen Bestandtheil der wasserfreien Säure ausmacht, allein eine Vertretung von

einem ihrer Elemente durch den hinzugekommenen zusammengesetzten Körper, was die obige Ansicht voraussetzt, findet nicht statt.

Die von Henry Davy über die Natur der Chlorsäure und Jodsäure zuerst aufgestellte Ansicht scheint eine sehr einfache und befriedigende Erklärung dieser und anderer anomaler Erscheinungen abzugeben.

Dehnt man die Ansicht von Davy auf alle wasserhaltigen Säuren aus, so lassen sich daraus folgende Gesetze erschließen:

1) Die wasserhaltigen Säuren sind gewisse Verbindungen eines oder mehrerer Elemente mit Wasserstoff, in denen der letztere vertreten werden kann durch Aequivalente von Wasser.

Die Fähigkeit einer solchen Säure, eine Basis zu neutralisiren, ist hiernach abhängig von diesem ersetzbaren Wasserstoff; wenn man die übrigen Elemente dieser Säuren zusammengenommen das Radikal nennt, so hat die Zusammensetzung des Radikals hierauf keinen Einfluß.

2) Wenn mithin die Menge des Wasserstoffes außerhalb des Radikals sich vermehrt oder vermindert, so nimmt die Sättigungscapacität in gleichem Grade zu, oder sie nimmt ab;

3) Treten zu den Bestandtheilen des Radikals unbestimmte Quantitäten desselben Elementes, oder verschiedener Elemente, während die Menge des ersetzbaren Wasserstoffes die nämliche bleibt, so vergrößert sich zwar das Gewicht des Atomes der Säure, aber die Sättigungscapacität bleibt unverändert.

Salze sind, nach dieser Theorie, entweder Verbindungen von Metallen mit einfachen Körpern (z. B. die Haloïdsalze), oder mit zusammengesetzten Körpern, welche die Stelle von einfachen vertreten. Sie können entweder entstehen beim Zusammenkommen des einfachen Körpers mit dem Metall (Chlor und Eisen), oder der Wasserstoffsäure mit einem Metalloxyd (Chlorwasserstoff und Eisenoxydul, Schwefelsäure, SO_4H, und Eisenoxydul), oder einer Sauerstoffsäure mit einem Metalloxyd (SO_3 und $BaO = BSO_4$).

Wenn sich eine Wasserstoffsäure mit einem Metalloxyd vereinigt, so findet in manchen Fällen keine Reduktion statt, oder das neu gebildete Wasser bleibt in der Verbindung. Dieses Wasser ist in einer anderen Weise verbunden als das Krystallwasser, was sich mit dem Salze vereinigt hat; auf die Siedhitze des Wassers erwärmt, verlieren diese Salze das Krystallwasser, allein das aus dem Sauerstoff des Oxydes und dem Wasserstoff der Säure entstehende Wasser wird nicht abgeschieden.

Die Abscheidung dieses Wassers, und somit eine Reduktion des Oxydes und der Wasserstoffsäure kann in diesen Fällen augenblicklich bewerkstelligt werden durch das Zusammenbringen dieser Salze mit anderen, welche die Fähigkeit besitzen, Doppelverbindungen damit einzugehen (salzsaure Magnesia, ClH, MgO, giebt mit Salmiak die Verbindung $MgCl$, H_4NCl; schwefelsaure Magnesia MgO, SO_4H, mit Salmiak $MgSO_4$, H_4NCl).

Die Fähigkeit einer Base, eine Säure zu neutralisiren, ist nach dieser Theorie nicht allein abhängig von ihrer Stellung in der elektrischen Reihe, sondern zwischen zwei Basen von gleichen basischen Eigen-

schaften ist bei derjenigen Basis diese Fähigkeit größer, welche mit größerer Leichtigkeit reducirt werden kann (wonach das Silberoxyd unter allen Basen diese Fähigkeit in höherem Grade, als die anderen besitzen muß).

Diese Ansicht hebt die Scheidewand auf, welche man zwischen den Haloïdsalzen und den Sauerstoffsalzen gezogen hat; keine der bekannten Erfahrungen steht mit derselben im Widerspruch, und es ist in der organischen Chemie von besonderer Wichtigkeit, sich mit der Form bekannt zu machen, in der sie uns die Säuren und ihre Verbindungen betrachten läßt, indem sie als Hülfsmittel dienen kann, sich von vielen Erscheinungen Rechenschaft zu geben, worüber die gewöhnliche Ansicht keinen Aufschluß giebt.

Unter dem Hydrat einer Säure werden demnach Verbindungen von 1, 2 und 3 Aequiv. Wasserstoff mit gewissen anderen Elementen, die, mit einander verbunden gedacht, das Radikal der Säure darstellen, betrachtet (wonach das Essigsäurehydrat $= C_4 H_3 O_4, H$ ist).

Eintheilung der organischen Säuren.

Die organischen Säuren werden in einbasische, zweibasische und dreibasische Säuren eingetheilt.

Die einbasischen Säuren verbinden sich in ihren neutralen Salzen mit 1 Aequiv. Basis, durch deren Aufnahme 1 Aequiv. Wasser aus dem Hydrate der Säuren abgeschieden wird.

Die Salze einbasischer Säuren verbinden sich, zum Theil mit anderen derselben Art, zu Doppelsalzen, oder mit dem Hydrat der Säure zu sauren Salzen.

Die sauren Salze der einbasischen Säuren zerlegen sich, wenn sie mit löslichen Basen zusammengebracht werden, in zwei oder mehrere neutrale Salze, die sich durch Krystallisation von einander trennen lassen, im Fall sie ungleich löslich oder einander nicht isomorph sind.

Die basischen Salze derselben Säuren enthalten zwei oder mehr Aequivalente Basis, durch deren Verbindung mit einem Atom Säure die nämliche Quantität Wasser ersetzt wird, wie durch ein Aequiv. Basis.

Von den zweibasischen Säuren verbindet sich ein Atom stets mit zwei Aequivalenten feuerbeständiger Basis, welche in der Säure zwei Aequivalente Wasser ausscheiden und vertreten. Diese beiden Aequivalente Basis können sein zwei Aequiv. eines und desselben Metalloxydes, oder zweier Metalloxyde, oder 1 Aequiv. Metalloxyd und 1 Aequiv. einer flüchtigen Basis (Wasser oder Ammoniumoxyd).

Die sauren Salze dieser Klasse enthalten nur 1 Atom Säure, woher es kommt, daß keine Trennung erfolgt, wenn sie mit löslichen anderen Basen neutralisirt werden.

Die dreibasischen Säuren neutralisiren 3 Atome Basis; für jedes Atom fixer Basis, das sich mit der Säure verbindet, wird 1 Atom Wasser abgeschieden und durch 1 Atom Metalloxyd zersetzt.

Die allgemeinen Formeln der Salze sind:

1) für die Salze der einbasischen Säuren ($R =$ wasserfreie Säure, $MO =$ Metalloxyd):

$R + HO$ = Hydrat der Säure;

$R + MO$ = neutrales Salz;

$(R + MO) + MO$ = basisches Salz;

$(2R + 2MO) + MO$ = basisches Salz;
$(R + MO) + 2MO$ = basisches Salz;
$\left.\begin{matrix}R\\R\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}MO\\MO\end{matrix}\right.$ = Doppelsalze mit zwei Basen;
$\left.\begin{matrix}3R\\3R\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}MO_3\\3MO\end{matrix}\right.$ = Doppelsalze mit zwei Basen;
$\left.\begin{matrix}R\\R\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}HO\\MO\end{matrix}\right.$ = saure Salze;
$\left.\begin{matrix}2R\\R\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}2HO\\MO\end{matrix}\right.$ = saure Salze;

2) für die Salze der zweibasischen Säuren:
$R + 2HO$ = Hydrat der Säure;
$R + \left\{\begin{matrix}HO\\MO\end{matrix}\right.$ = sog. saures Salz, mit 1 Atom fixer Basis;
$R + 2MO$ = neutrales Salz;
$R + \left\{\begin{matrix}MO\\MO\end{matrix}\right.$ = neutrales Salz mit zwei Basen;

3) für die Salze der dreibasischen Säuren:
$R + 3HO$ = Hydrat der Säure;
$R + \left\{\begin{matrix}2HO\\MO\end{matrix}\right.$ = einbasisches Salz;
$R + \left\{\begin{matrix}HO\\2MO\end{matrix}\right.$ = zweibasisches Salz;
$R + 3MO$ = dreibasisches Salz;
$R + \left\{\begin{matrix}HO\\MO\\MO\end{matrix}\right.$ = zweibasisches Salz mit verschiedenen Metalloxyden;
$\left.\begin{matrix}R\\R\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}3MO\\MO_3\end{matrix}\right.$ = Doppelsalz.

Die einbasischen Säuren liefern bei der trocknen Destillation nur selten sogenannte Brenzsäuren, die aber stets, wenn sie gebildet werden, den Charakter von einbasischen Säuren besitzen.

Die zweibasischen Säuren liefern unter denselben Umständen sehr oft zwei neue einbasische Säuren (wie z. B. die Gallussäure).

Die dreibasischen Säuren liefern dabei entweder 3 Atome einer einbasischen Säure (wie z. B. die Cyanursäure), oder zwei neue einbasische Säuren, oder eine zweibasische und eine einbasische Säure (wie die Mekonsäure)."

Obgleich nun durch diese Ansicht über die Constitution (der unorganischen und organischen Säuren) verschiedene Erscheinungen und Beobachtungen erklärt werden können, so muß man sich doch, wenn man den Unterschied zwischen unorganischen und organischen Körpern dahin stellt, daß jene meist nur nach einer Richtung, diese aber nach verschiedenen Richtungen spaltbar sind, derjenigen Theorie als der der Erfahrung am nächsten liegenden anschließen, welche die gewöhnlichsten Zersetzungsprodukte, besonders wenn aus diesen der zusammengesetzte Körper wieder hergestellt werden kann, als die näheren Bestandtheile eines Körpers ansieht. Es ist gewiß richtiger, die schwefelsaure Magnesia aus Schwefelsäure und Magnesia zusammengesetzt anzunehmen, da sie in diese Körper zerlegt und aus ihnen wieder zusammengesetzt werden kann, als aus Magnesium (Mg) und Sulphan (SO_4), welches isolirt gar nicht besteht und die wasserfreie Schwe-

felsäure (SO_3) sehr viel Verwandtschaft zum Sauerstoff haben müßte, wenn sie diesen der Magnesia entziehen sollte.

§. 869. Eine strenge systematische Eintheilung der organischen Säuren (abgesehen von ihrem Ursprung, Entstehungsweise u. s. w.) läßt sich wegen der unter einander sehr abweichenden Eigenschaften ihrer selbst und der ihrer Verbindungen nur schwierig durchführen. In Nachfolgendem sind sie in zwei Hauptabtheilungen, in stickstofffreie und stickstoffhaltige, und erstere nach ihrem Verhalten in der Hitze in unzersetzt flüchtige, Brenzsäuren liefernde und vollständig zersetzt werdende Säuren geordnet und als eine besondere Abtheilung die Fettsäuren angereihet.

Uebersicht der Symbole für die organischen Säuren.*)

$\overline{A}$	$= C_4H_3O_3$	Essigsäure;
$\overline{Ac}$	$= \left\{\begin{matrix} C_4HO_3 \\ C_{12}H_3O_9 \end{matrix}\right\}$	Aconitsäure;
$\overline{Ad}$	$= C_{14}H_9O_7$	Adipinsäure;
$\overline{Ae}$	$= C_{32}H_{33}O_3$	Aethalsäure;
$\overline{Ag}$	$= C_{38}H_{29}O_9$	Angeliksäure;
$\overline{Am}$	$= C_{40}H_{26}O_{24}$	Amygdalinsäure;
$\overline{An}$	$= C_{16}H_7O_5$	Anissäure;
$\overline{Ap}$	$= C_8H_5NO_6$	Asparaginsäure;
$\overline{At}$	$= C_{14}H_6NO_3$	Anthranilsäure;
$\overline{Ay}$	$= C_{16}H_7O_5$	Mandelsäure;
$\overline{Az}$	$= C_{14}H_{13}O_{13}$	Azelaïnsäure;
$\overline{Br}$	$= C_{14}H_2O_7$	Bezoarsäure;
$\overline{Bu}$	$= C_8H_7O_3$	Buttersäure;
$\overline{Bz}$	$= C_{14}H_5O_3$	Benzoësäure;
$\overline{C}$	$= \left\{\begin{matrix} C_4H_2O_4 \\ C_{12}H_5O_{11} \end{matrix}\right\}$	Citronensäure;
$\overline{Cc}$	$= C_{27}H_{26}O_3$	Cocinsäure;
$\overline{Cch}$	$= C_{20}H_9O_8$	Catechusäure;
$\overline{Ch}$	$= \left\{\begin{matrix} C_{14}H_{11}O_{11} \\ C_{14}H_8O_8, 4HO \end{matrix}\right\}$	Chinasäure;
$\overline{Chn}$	$= C_{38}H_{29}O_9$	Chinovasäure;
$\overline{Chr}$	$= C_{10}H_4O_3$	Chrysophansäure;
$\overline{Cht}$	= ?	Chinagerbsäure;
$\overline{Ci}$	$= C_{18}H_7O_3$	Zimmtsäure;
$\overline{Cm}$	$= C_{10}H_7O_3$	Camphorsäure;
$\overline{Cpi}$	$= C_{20}H_{19}O_3$	Caprinsäure;
$\overline{Cpr}$	$= C_{12}H_{11}O_3$	Capronsäure;
$\overline{Cpy}$	$= C_{16}H_{15}O_3$	Caprylsäure;

*) Das Hydratwasser der Säuren ist von der Formel, welche immer die Zusammensetzung der wasserfreien oder an Basen gebundenen Säure ausdrückt, durch ein Komma getrennt und durch HO ausgedrückt, während für das Krystallwasser die Bezeichnung Aq dient.

$\overline{Cr}$	=	$C_{20}H_{11}O_3$	Nelkensäure;
$\overline{Cst}$	=	$C_{35}H_{34}O_3$	Kokkelstearinsäure;
$\overline{Ct}$	=	$C_{18}H_9O_4$	Catechugerbsäure;
$\overline{Cu}$	=	$C_{20}H_{11}O_3$	Cuminsäure;
$\overline{Cy}$	=	$C_{28}H_{11}N_2O_6$	Chrysanilsäure;
$\overline{Cyl}$	=	$C_{12}H_2N_3O_{13}$	Chrysolepinsäure;
$\overline{Cym}$	=	$C_{15}H_2NO_{12}$	Chrysamminsäure;
$\overline{Cz}$	=	$C_{12}H_2N_3O_{13}$	Kohlenstickstoffsäure;
$\overline{Ed}$	=	$C_{35}H_{33}O_3$	Elaidinsäure;
$\overline{Eg}$	=	$C_7H_2O_4$	Ellagsäure;
$\overline{El}$	=	$C_{44}H_{39}O_4$	Elainsäure;
$\overline{Eq}$	=	$\left\{\begin{matrix}C_4HO_3\\C_{12}H_3O_9\end{matrix}\right\}$	Equisetsäure;
$\overline{F}$	=	C_2HO_3	Ameisensäure;
$\overline{Fu}$	=	C_4HO_3	Fumarsäure;
$\overline{G}$	=	$\left\{\begin{matrix}C_7H_3O_5\\C_7HO_3, 3HO\end{matrix}\right\}$	Gallussäure,
$\overline{Hp}$	=	$C_{18}H_8NO_5$	Hippursäure;
$\overline{Hx}$	=	$C_6H_4O_7$	Hydroxalsäure;
$\overline{In}$	=	$C_{14}H_4NO_9$	Indigsäure;
$\overline{Ko}$	=	$\left\{\begin{matrix}C_6HO_4\\C_{12}H_2O_4\end{matrix}\right\}$	Komensäure;
$\overline{Kt}$	=	?	Kinogerbsäure;
$\overline{Lc}$	=	$C_6H_5O_5$	Milchsäure;
$\overline{Lf}$	=	$C_{40}H_{36}O_7$	Lithofellinsäure;
$\overline{Ln}$	=	$C_{18}H_8O_8$	Lecanorsäure;
$\overline{Lp}$	=	$C_5H_3O_4$	Lipinsäure;
$\overline{Lst}$	=	$C_{24}H_{23}O_3$	Laurostearinsäure;
$\overline{M}$	=	$\left\{\begin{matrix}C_4H_2O_4\\C_8H_4O_8\end{matrix}\right\}$	Aepfelsäure;
$\overline{Ma}$	=	$\left\{\begin{matrix}C_4HO_3\\C_8H_2O_6\end{matrix}\right\}$	Maleïnsäure;
$\overline{Me}$	=	$\left\{\begin{matrix}C_7H_2O_7\\C_{14}HO_{11}, 3HO\end{matrix}\right\}$	Mekonsäure;
$\overline{Mg}$	=	$C_{12}H_3O_3$	Melangallussäure;
$\overline{Mr}$	=	$\left\{\begin{matrix}C_{34}H_{33}O_3\\C_{68}H_{66}O_3\end{matrix}\right\}$	Margarinsäure;
$\overline{Mu}$	=	$\left\{\begin{matrix}C_6H_4O_7\\C_{12}H_8O_{14}\end{matrix}\right\}$	Schleimsäure;
$\overline{My}$	=	$C_{28}H_{27}O_3$	Myristinsäure;
$\overline{O}$	=	C_2O_3	Oxalsäure;
$\overline{Oe}$	=	$C_{14}H_{13}O_2$	Oenanthsäure;
$\overline{Op}$	=	$C_{20}H_9O_9$	Opiansäure;
$\overline{Po}$	=	$C_{10}H_{16}O_3$	Phocensäure;

$\overline{Pct} = C_{28}H_{26}O_{28}$ Pectinsäure;
$\overline{Pi} = C_7H_5O_3$ Pimelinsäure;
$\overline{Pl} = C_{32}H_{33}O_3$ Palmitinsäure;
$\overline{pC} = C_5H_2O_3$ Brenzcitronensäure;
$\overline{pCch} = C_6H_2O$ Brenzcatechusäure;
$\overline{pG} = C_6H_3O_3$ Brenzgallussäure;
$\overline{pMa} = C_4HO_3$ Paramaleïnsäure;
$\overline{pMe} = C_{10}H_3O_5$ Brenzmekonsäure;
$\overline{pMu} = C_{10}H_3O_5$ Brenzschleimsäure;
$\overline{pT} = C_6H_3O_5$ Brenzweinsteinsäure;
$\overline{pUv} = C_5H_3O_3$ Brenztraubensäure;
$\overline{Qt} = \left\{ \begin{matrix} C_{18}H_8O_{12} \\ C_{18}H_5O_9, 3HO \end{matrix} \right\}$ Eichengerbsäure;
$\overline{Rc} = C_{17}H_{15}O_3$ Roccelsäure;
$\overline{Sc} = C_4H_2O_3$ Bernsteinsäure;
$\overline{Se} = C_{10}H_8O_3$ Fettsäure;
$\overline{St} = C_{68}H_{66}O_5$ Stearinsäure;
$\overline{Su} = C_8H_6O_3$ Korksäure;
$\overline{T} = \left\{ \begin{matrix} C_4H_2O_5 \\ C_8H_4O_{10} \end{matrix} \right\}$ Weinsteinsäure;
$\overline{Tal} = C_{12}H_6O_{15}$ Tartralsäure;
$\overline{Tel} = C_{16}H_8O_{20}$ Tartrelsäure;
$\overline{Tr} = C_{14}H_9O_7$ Terpenthinsäure;
$\overline{Ur} = C_{10}H_4N_4O_6$ Harnsäure;
$\overline{Us} = C_{38}H_{17}O_{14}$ Usninsäure;
$\overline{Uv} = \left\{ \begin{matrix} C_4H_2O_5 \\ C_8H_4O_{10} \end{matrix} \right\}$ Traubensäure;
$\overline{V} = C_{10}H_9O_3$ Baldriansäure;
$\overline{Ve} = C_{18}H_9O_7$ Veratrumsäure.

I. Stickstofffreie organische Säuren.

a) Unzersetzt flüchtige Säuren.

Essigsäure, Acetylsäure (vergl. Bd. 3, S. 445 ff.).

47,06 — 24,0 Kohlenstoff	als Hydrat:	
5,88 — 3,0 Wasserstoff	85,0 — 51,0 Essigsäure	
47,06 — 24,0 Sauerstoff	15,0 — 9,0 Wasser	
100,00 — 51,0 Essigsäure:	100,0 — 60,0 Essigsäurehydrat.	

Symb. und Aequiv. $C_4H_3O_3$ (AcO_3) oder $\overline{A} = 51,0$ und $C_4H_3O_3$, HO oder $\overline{A}$, Aq = 60,0. Atom. $C_4H_6O_3$ und $C_4H_6O_3$, H_2O.

§. 870. Die Essigsäure bildet mit den basischen Oxyden die essigsauren Salze, Acetales; diese sind fast alle in Wasser leicht (nur das Quecksilber- und Silberoxydsalz ist schwierig, das Molybdän- und Wolframoxydsalz gar nicht) löslich; in den neutralen Salzen verhält sich der Sauerstoff

der Basis zu dem der Säure, wie 1 : 3; außerdem giebt es aber noch basische Salze mit anderthalb und dreimal so viel Basis, als in dem neutralen Salze. In der Hitze geben die essigsauren Alkalien Aceton mit Hinterlassung eines kohlensauren Salzes, die übrigen ein Gemenge von Essigsäure, Kohlensäure und Aceton, und hinterlassen entweder ein oxydirtes oder ein regulinisches Metall. Die Lösungen der essigsauren Alkalien scheiden aus Quecksilberoxydullösungen allmählig silberglänzende Schuppen ab und färben Eisenoxydlösungen gelbroth; werden sie mit Lösungen von Eisenoxyd, Chromoxyd oder Zinnoxyd vermischt bis zum Sieden erhitzt, so scheiden sich sämmtliche Oxyde als basische Salze ab, die sich nach dem Erkalten wieder vollständig in der Flüssigkeit lösen. Mit concentrirter Schwefelsäure übergossen entwickeln alle essigsauren Salze den Geruch nach Essigsäure.

Ueber die wichtigsten essigsauren Salze vergl. im zehnten Abschnitt des dritten Bandes.

Ameisensäure, Formylsäure (vergl. Bd. 3, S. 512 ff.).

		als Hydrat:
32,44 — 12,0	Kohlenstoff	
2,70 — 1,0	Wasserstoff	80,44 — 37,0 Ameisensäure
64,86 — 24,0	Sauerstoff	19,56 — 9,0 Wasser
100,00 — 37,0	Ameisensäure	100,00 — 46,0 Ameisensäure-Hydrat.

Symb. und Aequiv. C_2HO_3 (FoO_3) oder $\overline{F}$ = 37,0 und C_2HO_3, HO oder $\overline{F}$, Aq = 46,0. Atom. $C_2H_2O_3$ und $C_2H_2O_3$, H_2O.

§. 871. Die Ameisensäure bildet mit den basischen Oxyden die ameisensauren Salze, Formicates, welche sämmtlich in Wasser löslich sind und auf 1 Aequiv. Sauerstoff der Basis 3 Aequiv. Sauerstoff der Säure enthalten. In der Hitze werden die ameisensauren Alkalien unter Schwärzung und Entwicklung brennbarer Gasarten in kohlensaure Salze, die übrigen unter Entwicklung von Kohlensäure, Kohlenwasserstoff und Wasser in ein Gemenge von Kohle und Metalloxyd oder reinem Metall verwandelt. Von concentrirter Schwefelsäure werden sie in der Weise zersetzt, daß unter Schwärzung und Bildung eines schwefelsauren Salzes Kohlenoxyd und Wasser entstehen. Die Lösungen der ameisensauren Salze färben Eisenoxydsalze dunkel gelbroth und schlagen bei Ueberschuß aus den Lösungen des Quecksilbers, Silbers, Golds, Platins und Palladiums unter Entwicklung von Kohlensäure die Metalle regulinisch nieder.

Oxalsäure, Oxalylsäure (vergl. Bd. 3, S. 474 ff.).

		als Hydrat:
33,33 — 12,0	Kohlenstoff	80,0 — 36,0 Oxalsäure
66,67 — 24,0	Sauerstoff	20,0 — 9,0 Wasser
100,00 — 36,0	Oxalsäure:	100,0 — 45,0 Oxalsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. C_2O_3 (OxO) oder $\overline{O}$ = 36 und C_2O_3, HO oder $\overline{O}$, Aq = 45,0 (krystallisirt = C_2O_3, HO, 2 Aq). Atom. C_2O_3 und C_2O_3, H_2O.

§. 872. Die Oxalsäure bildet mit den basischen Oxyden die oxalsauren Salze, Oxalates, die bei den Salzen der Alkalien auf 1 Aequiv. Sauerstoff der Basis 3, 6 und 12 Aequiv., bei den übrigen auf 1 Aequiv. Sauerstoff der Basis nur 3 Aequiv. Sauerstoff der Säure enthalten. Nur die Salze der wirklichen Alkalien lösen sich (zum Theil aber auch schwierig) in Wasser, die der übrigen Basen sind schwer oder gar nicht löslich. In der Hitze werden sie nicht verkohlt; die Salze der leicht reducirbaren Metalloxyde geben hierbei Kohlensäure und Metall, die übrigen Kohlenoxyd, Kohlensäure und Metalloxyd. Alle oxalsauren Salze werden durch concentrirte Schwe-

felsäure ohne Schwärzung in ein schwefelsaures Salz und ein aus gleichen Raumtheilen bestehendes Gemische von Kohlenoxyd und Kohlensäure zersetzt. Die Lösungen der oxalsauren Salze geben mit Kalksalzen und selbst mit Gypswasser einen Niederschlag, und fällen in der Siedhitze Goldlösungen regulinisch.

Beim Erhitzen des sauren oxalsauren Ammoniaks bis 230° bildet sich eine besondere Substanz, die Oxaminsäure ($C_2H_2NO_2$, C_2O_3, Aq), welche ein weißes, in höherer Temperatur zersetzbares Pulver darstellt, welches sich unverändert in Weingeist und nur schwierig in Wasser löst und beim Kochen mit letzterem wieder in saures oxalsaures Ammoniak zurückgeführt wird.

Benzoësäure, Benzoylsäure (vergl. Bd. 3, S. 459).

74,34 —	84,0	Kohlenstoff	als Hydrat:		
4,43 —	5,0	Wasserstoff	93,44 —	113,0	Benzoësäure
21,23 —	24,0	Sauerstoff	6,56 —	9,0	Wasser
100,00 —	113,0	Benzoësäure:	100,00 —	122,0	Benzoësäure-Hydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{14}H_5O_3$ (BzO) oder $\overline{Bz}$ = 113,0, und $C_{14}H_5O_3$, HO oder $\overline{Bz}$, Aq = 122,0. Atom. $C_{14}H_{10}O_3$ und $C_{14}H_{10}O_3$, H_2O.

§. 873. Die Benzoësäure bildet mit den basischen Oxyden die benzoësauren Salze, Benzoates, in denen sich meist der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure wie 1 : 3 verhält; sie sind zum großen Theil, wenn auch nur schwierig, in Wasser, die unlöslichen in salpetersaurem Natron und essigsaurem Kali oder Natron löslich, und haben einen stechend reizenden, salzigen Geschmack. Die Alkalisalze zerfallen in der Hitze in kohlensaure Salze und Zersetzungsprodukte der Benzoësäure, bei Ueberschuß von Kalk in Kohlensäure und Benzin. Die Lösungen der benzoësauren Salze geben mit bis zur beginnenden Fällung durch Ammoniak neutralisirten Eisenoxydlösungen einen röthlich-weißen, bei Ueberschuß von Ammoniak einen braungelben Niederschlag.

Bernsteinsäure.

48,0 —	24,0	Kohlenstoff	als Hydrat:		
4,0 —	2,0	Wasserstoff	84,75 —	50,0	Bernsteinsäure
48,0 —	24,0	Sauerstoff	15,25 —	9,0	Wasser
100,0 —	50,0	Bernsteinsäure:	100,00 —	59,0	Bernsteinsäure-Hydrat.

Symb. und Aequiv. $C_4H_2O_3$ oder $\overline{Sc}$ = 50,0 und $C_4H_2O_3$, HO oder $\overline{Sc}$, Aq = 59,0. Atom. $C_4H_4O_3$ und $C_4H_4O_3$, H_2O.

§. 874. Die Bernsteinsäure bildet mit den basischen Oxyden die bernsteinsauren Salze, Succinates, die meist auf 1 Aequiv. Sauerstoff der Basis 3 Aequiv. Sauerstoff der Säure enthalten (vergl. unten), zum Theil löslich und krystallisirbar, zum Theil unlöslich in Wasser sind und bei der trocknen Destillation, wenn sie eine metallische Basis haben, zersetzt werden. Die Lösungen der bernsteinsauren Salze wirken zwar auf Zink- und Eisenoxydlösungen, aber nicht auf die Lösungen des Manganoxyduls, Kupferoxydes, Kobaltoxyduls und Nickeloxydes fällend.

Nach den Untersuchungen Fehling's ist die Bernsteinsäure eine dreibasische Säure, nach der Formel $C_8H_3O_5$, 3 HO zusammengesetzt, und hiernach die Constitution ihrer Verbindungen folgende:

$C_8H_3O_5 + H_3N + HO$ = krystallisirtes Succinamid;
$C_8H_3O_5 + 3\ PbO$ = basisches Bleisalz;

$C_8H_3O_5 + \left\{ \begin{matrix} 2\,PbO \\ Aq. \end{matrix} \right\} =$ gewöhnliches Bleisalz;

$C_8H_3O_5 + \left\{ \begin{matrix} 2\,H_4NO \\ Aq. \end{matrix} \right\} =$ Ammoniaksalz;

$C_8H_3O_5 + \left\{ \begin{matrix} 2\,AgO \\ Aq. \end{matrix} \right\} =$ Silbersalz.

Fettsäure (vergl. Bd. 3, S. 506 ff.)

65,22 — 60,0	Kohlenstoff		als Hydrat:
8,63 — 8,0	Wasserstoff	91,9 — 92,0	Fettsäure
26,15 — 24,0	Sauerstoff	8,1 — 9,0	Wasser
100,00 — 92,0	Fettsäure:	100,0 — 101,0	Fettsäurehydrat.

Symb. und. Aequiv. $C_{10}H_8O_3$ oder $\overline{Se} = 92{,}0$ und $C_{10}H_8O_3$, HO oder $\overline{Se}$, Aq. = 101,0. Atom. $C_{10}H_{16}O_3$ und $C_{10}H_{16}O_3$, H_2O.

§. 875. Die Fettsäure bildet mit den basischen Oxyden die fettsauren Salze, Sebates, welche auf ein Aequiv. Sauerstoff der Basis 3 Aequiv. Sauerstoff der Säure enthalten. Die fettsauren Alkalien sind leicht löslich und krystallisirbar und geben mit Kalk- und Silberoxydsalzen sehr schwer lösliche Niederschläge.

Zimmtsäure, Cinnamylsäure (vergl. Bd. 3, S. 753).

77,70 — 108,0	Kohlenstoff		als Hydrat:
5,04 — 7,0	Wasserstoff	93,92 — 139,0	Zimmtsäure
17,26 — 24,0	Sauerstoff	6,08 — 9,0	Wasser
100,00 — 139,0	Zimmtsäure:	100,00 — 148,0	Zimmtsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{18}H_7O_3$ (Ci O) oder $\overline{Ci} = 139{,}0$ und $C_{18}H_7O_3$, HO oder $\overline{Ci}$, Aq. = 148,0. Atom. $C_{18}H_{14}O_3$ und $C_{18}H_{14}O_3$, H_2O.

§. 876. Die Zimmtsäure bildet mit den basischen Oxyden die zimmtsauren Salze, Cinnamates, welche auf 1 Aequiv. Sauerstoff der Basis 3 Aequiv. Sauerstoff der Säure enthalten und im Allgemeinen den benzoësauren Salzen (womit sie häufig verwechselt wurden), sehr ähnlich sind; die Lösungen der zimmtsauren Salze geben mit Silberoxydsalzen einen flockigen, weißen, in siedendem Wasser schwarz werdenden Niederschlag.

Korksäure, Suberylsäure (vergl. Bd. 3, S. 901).

61,52 — 48,0	Kohlenstoff		als Hydrat:
7,70 — 6,0	Wasserstoff	89,66 — 78,0	Korksäure
30,78 — 24,0	Sauerstoff.	10,34 — 9,0	Wasser.
100,00 — 78,0	Korksäure:	100,00 — 87,0	Korksäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_8H_6O_3$ (SuO_2) oder $\overline{Su} = 78{,}0$ und $C_8H_6O_3$, HO oder $\overline{Su}$, Aq. = 87,0. Atom. $C_8H_{12}O_3$ und $C_8H_{12}O_3$, H_2O.

§. 877. Die Korksäure bildet mit den basischen Oxyden die korksauren Salze, Suberates, welche auf 1 Aequiv. Sauerstoff der Basis 3 Aequiv. Sauerstoff der Säure enthalten; die Salze der Alkalien sind leicht löslich, aber schwierig krystallisirbar, die der Erden pulverig und schwer löslich, und die der Metalloxyde (mit Ausnahme des Manganoxydulsalzes) unlöslich.

Camphorsäure (vergl. Bd. 3, S. 800 ff.)

65,93 — 60,0	Kohlenstoff		als Hydrat:
7,70 — 7,0	Wasserstoff	91,0 — 91,0	Camphorsäure
26,37 — 24,0	Sauerstoff	9,0 — 9,0	Wasser
100,00 — 91,0	Camphorsäure:	100,0 — 100,0	Camphorsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{10}H_7O_3$ oder $\overline{Ca} = 91{,}0$ und $C_{10}H_7O_3$, HO oder $\overline{Ca}$, Aq. = 100,0. Atom. $C_{10}H_{14}O_3$ und $C_{10}H_{14}O_3$, H_2O.

§. 878. Die Camphorsäure bildet mit den basischen Oxyden die camphorsauren Salze, Camphorates, welche auf 1 Aequiv. Sauerstoff der Basis 3 Aequiv. Sauerstoff der Säure enthalten und verschiedene Eigenschaften zeigen, je nachdem sie aus dem Hydrat oder aus der wasserfreien Säure dargestellt worden sind; sie sind im Ganzen löslicher, als die korksauren Salze.

Chrysophansäure (vergl. Bd. 3, S. 701).

68,19 — 60,0	Kohlenstoff		als Hydrat:
4,55 — 4,0	Wasserstoff		?
27,26 — 24,0	Sauerstoff		
100,00 — 88,0	Chrysophansäure.		

Symb. und Aequiv. $C_{10}H_4O_3$ oder Chr = 88,0. Atom. $C_{10}H_8O_3$.

§. 879. Die chrysophansauren Salze, Chrysophanates, sind bis jetzt nur wenig untersucht; das Kalisalz ist violett und bei einer gewissen Concentration in Kalilauge unlöslich, wird aber von Weingeist gelöst; das in Wasser unlösliche Baryt- und Bleioxydsalz wird schon durch den Einfluß der athmosphärischen Kohlensäure zersetzt.

Nelkensäure (vergl. Bd. 3, S. 511).

77,42 — 120,0	Kohlenstoff	als Hydrat:	
7,10 — 11,0	Wasserstoff	94,53 — 155,0	Nelkensäure
15,48 — 24,0	Sauerstoff	5,47 — 9,0	Wasser
100,00 — 155,0	Nelkensäure:	100,00 — 164,0	Nelkensäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{20}H_{11}O_3$ oder $\overline{Cr}$ = 155,0 und $C_{20}H_{11}O_3$, HO oder $\overline{Cr}$, Aq. = 164,0. Atom. $C_{20}H_{22}O_3$ und $C_{20}H_{22}O_3$, H_2O.

§. 880. Die nelkensauren Salze, Caryophyllates, sind fast gar nicht untersucht, jedoch sind saure, basische und neutrale Salze bekannt.

Die Cuminsäure, $\overline{Cu}$ (vergl. Bd. 3, S. 511) hat dieselbe Zusammensetzung wie die Nelkensäure; ihre Salze sind gänzlich unbekannt. — Ueber Anissäure ($C_{16}H_7O_5$, HO oder $\overline{An}$, Aq. = 143,0 und 152,0) vergl. Bd. 3, S. 744, über Terpenthinsäure ($C_{14}H_9O_7$, HO oder $\overline{Tr}$, Aq. = 149,0 und 158,0) a. a. O. S. 742.

Aethalsäure, Cetylsäure (vergl. Bd. 3, S. 511).

77,73 — 192,0	Kohlenstoff	als Hydrat:	
12,55 — 31,0	Wasserstoff	96,9 — 247,0	Aethalsäure
9,72 — 24,0	Sauerstoff	3,1 — 9,0	Wasser
100,00 — 247,0	Aethalsäure:	100,0 — 256,0	Aethalsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{32}H_{31}O_3$ oder $\overline{Ae}$ = 247,0 und $C_{32}H_{31}O_3$, HO oder $\overline{Ae}$, Aq. = 256,0. Atom. $C_{32}H_{62}O_3$ und $C_{32}H_{62}O_3$, H_2O.

§. 881. Die äthalsauren Salze, Aethalates, sind nur wenig untersucht; das neutrale Kali- und Natronsalz ist krystallisirbar und in Wasser löslich, wird aber durch Zusatz von viel Wasser zersetzt.

Die Palmitinsäure, $\overline{Pl}$ (vergl. Bd. 3, S. 509) hat mit der Aethalsäure gleiche Zusammensetzung und Sättigungscapacität, jedoch kennt man außer dem Aethylsalz keine ihrer Verbindungen.

Baldriansäure (vergl. Bd. 3, S. 512).

64,52 — 60,0 Kohlenstoff		als Hydrat:	
9,68 — 9,0 Wasserstoff		91,18 — 93,0 Baldriansäure	
25,80 — 24,0 Sauerstoff		8,82 — 9,0 Wasser	
100,00 — 93,0 Baldriansäure:		100,00 — 102,0 Baldriansäurehydrat.	

Symb. und Aequiv. $C_{10}H_9O_3$ oder $\overline{V} = 93,0$ und $C_{10}H_9O_3$, HO oder $\overline{V}$, Aq. = 102,0. Atom. $C_{10}H_{18}O_3$ und $C_{10}H_{18}O_3$, H_2O.

§. 882. Die Baldriansäure bildet mit den basischen Oxyden die baldriansauren Salze, Valerianales, in denen sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure wie 1:3 verhält; die Salze der reinen und erdigen Alkalien und der Magnesia sind löslich, zum Theil krystallisirbar und von zuckersüßem, zugleich baldrianartigem Geschmack und schwachem Geruch; die übrigen Salze sind schwierig oder gar nicht löslich.

Ob die Roccellsäure, $\overline{Rc}$ (vergl. Bd. 3, S. 511) nach ihrer Flüchtigkeit und Zusammensetzung (im krystallisirten Zustand = $C_{17}H_{16}O_4$ also vielleicht $C_{17}H_{15}O_3$, HO) hierher gehört, ist unentschieden; von den roccellsauren Salzen, sind nur die Alkalisalze, nicht aber das Kalksalz, in Wasser löslich.

Buttersäure (vergl. Bd. 3, S. 508).

60,76 — 48,0 Kohlenstoff	als Hydrat:
8,86 — 7,0 Wasserstoff	89,77 — 79,0 Buttersäure
30,38 — 24,0 Sauerstoff	10,23 — 9,0 Wasser
100,00 — 79,0 Buttersäure:	100,00 — 88,0 Buttersäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_8H_7O_3$ oder $\overline{Bu} = 79,0$ und $C_8H_7O_3$, HO oder $\overline{Bu}$, Aq. = 88,0. Atom. $C_8H_{14}O_3$ und $C_8H_{14}O_3$, H_2O.

§. 883. Die Buttersäure bildet mit den basischen Oxyden die buttersauren Salze, Butyrates, von denen die meisten ziemlich leicht in Wasser löslich sind.

Die Caprinsäure, $\overline{Cpi}$, Capronsäure, $\overline{Cpo}$, und Caprylsäure, $\overline{Cpy}$ (vergl. Bd. 3, S. 509), schließen sich in ihrem Verhalten in den Salzen der Buttersäure an.

Phocensäure (vergl. Bd. 3, S. 508).

65,22 — 60,0 Kohlenstoff	als Hydrat:
8,70 — 8,0 Wasserstoff	91,09 — 92,0 Phocensäure
26,08 — 24,0 Sauerstoff	8,91 — 9,0 Wasser
100,00 — 92,0 Phocensäure:	100,00 — 101,0 Phocensäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{10}H_8O_3$ oder $\overline{Pc} = 92,0$ und $C_{19}H_{16}O_3$, HO oder $\overline{Pc}$, Aq. = 101,0. Atom. $C_{10}H_{16}O_3$ und $C_{10}H_{16}O_3$, H_2O.

§. 884. Die Phocensäure bildet mit den basischen Oxyden die phocensauren Salze, Phocenates, in denen sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure wie 1:3 verhält; sie sind zum Theil in Wasser löslich und krystallisirbar, zum Theil unlöslich.

Cocinsäure (vergl. Bd. 3, S. 508).

76,72 — 162,0 Kohlenstoff	als Hydrat:
12,26 — 26,0 Wasserstoff	95,93 — 212,0 Cocinsäure
11,02 — 24,0 Sauerstoff	4,07 — 9,0 Wasser
100,00 — 212,0 Cocinsäure:	100,00 — 221,0 Cocinsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{27}H_{26}O_3$ oder $\overline{Cc} = 212,0$ und $C_{27}H_{26}O_3$, HO oder $\overline{Cc}$, Aq. = 221,0. Atom. $C_{27}H_{52}O_3$ und $C_{27}H_{52}O_3$, H_2O.

§. 885. Die Cocinsäure bildet mit den basischen Oxyden die cocinsauren Salze, Cocinates, von denen die Alkalisalze den Seifen sehr ähnlich sind und in Silbersalzen einen weißen Niederschlag verursachen.

Elaidinsäure (vergl. Bd. 3, S. 507).

		als Hydrat:
78,65 — 210,0 Kohlenstoff		
12,36 — 33,0 Wasserstoff		96,74 — 267,0 Elaidinsäure
8,99 — 24,0 Sauerstoff		3,26 — 9,0 Wasser
100,00 — 267,0 Elaidinsäure:		100,00 — 276,0 Elaidinsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{35}H_{33}O_3$ oder $\overline{Ed} = 267,0$ und $C_{35}H_{33}O_3$, HO oder $\overline{Ed}$, Aq. = 276,0. Atom. $C_{35}H_{66}O_3$ und $C_{35}H_{66}O_3$, H_2O.

§. 886. Die Elaidinsäure bildet mit den basischen Oxyden die elaidinsauren Salze, Elaidinates, von denen die Alkalisalze zum Theil krystallisirbar und in Wasser löslich sind, durch viel Wasser aber zersetzt werden; die Lösungen geben mit Baryt, Blei- und Silbersalzen weiße unlösliche Niederschläge.

Pimelinsäure (vergl. Bd. 3, S. 507).

	als Hydrat:
59,16 — 42,0 Kohlenstoff	
7,04 — 5,0 Wasserstoff	88,75 — 71,0 Pimelinsäure
33,80 — 24,0 Sauerstoff	11,25 — 9,0 Wasser
100,00 — 71,0 Pimelinsäure:	100,00 — 80,0 Pimelinsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_7H_5O_3$ oder $\overline{Pi} = 71,0$ und $C_7H_5O_3$ oder $\overline{Pi}$, Aq. = 80,0. Atom. $C_7H_{10}O_3$ und $C_7H_{10}O_3$, H_2O.

§. 887. Die pimelinsauren Salze, Pimelinates, sind zum großen Theil in Wasser löslich, da das Ammoniaksalz nur auf Silbersalze, aber nicht auf Baryt-, Strontian-, Kalk- und Kupfersalze fällend wirkt.

Oenanthsäure, önanthylige Säure (vergl. Bd. 3, S. 511).

	als Hydrat:
74,33 — 84,0 Kohlenstoff	
11,50 — 13,0 Wasserstoff	91,87 — 113,0 Oenanthsäure
14,17 — 16,0 Sauerstoff	8,13 — 9,0 Wasser
100,00 — 113,0 Oenanthsäure:	100,00 — 122,0 Oenanthsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{14}H_{13}O_2$ oder $\overline{Oe} = 113,0$ und $C_{14}H_{13}O_2$, HO oder $\overline{Oe}$, Aq. = 122,0. Atom. $C_{14}H_{26}O_2$ und $C_{14}H_{26}O_2$, H_2O.

§. 888. Die Oenanthsäure bildet mit den basischen Oxyden die önanthsauren Salze, Oenanthates, welche theils neutral, theils basisch, theils sauer sind; die Metallsalze werden durch Weingeist in lösliche saure und unlösliche basische Salze zersetzt.

Als eine höhere Oxydationsstufe der Oenanthsäure kann die Azelainsäure ($C_{14}H_{13}O_3$) betrachtet und deßhalb Oenanthylsäure benannt werden.

Milchsäure (vergl. Bd. 3, S. 518).

	als Hydrat:
44,44 — 36,0 Kohlenstoff	
6,17 — 5,0 Wasserstoff	90,0 — 81,0 Milchsäure
49,39 — 40,0 Sauerstoff.	10,0 — 9,0 Wasser.
100,00 — 81,0 Milchsäure:	100,0 — 90,0 Milchsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_6H_5O_5$ oder $\overline{Lc} = 81,0$ und $C_6H_5O_5$, HO oder $\overline{Lc}$, Aq. = 90,0. Atom. $C_6H_{10}O_5$ und $C_6H_{10}O_5$, H_2O.

§. 889. Die Milchsäure bildet mit den basischen Oxyden die milchsauren Salze, Lactates, welche meist löslich und krystallisirbar sind.

Die Milchsäure wird von einigen Chemikern wegen des Verhaltens bei der Erhitzung, wobei ein Körper sublimirt, welcher noch 1 Aequiv. Wasserbestandtheile weniger besitzt, als die Säure im gebundenen Zustand hat, und beim Kochen mit Wasser wieder 1 Aequiv. aufnimmt, als eine zweibasische Säure betrachtet.

Veratrumsäure (vergl. Bd. 3, S. 1057).

62,43 — 108,0	Kohlenstoff		als Hydrat:	
5,20 — 9,0	Wasserstoff		95,05 — 173,0	Veratrumsäure
32,37 — 56,0	Sauerstoff		4,95 — 9,0	Wasser
100,00 — 173,0	Veratrumsäure:		100,00 — 182,0	Veratrumsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{18}H_9O_7$ oder $\overline{Ve}$ = 173,0 und $C_{18}H_9O_7$, HO oder $\overline{Ve}$, Aq. = 182,0. Atom. $C_{18}H_{18}O_7$ und $C_{18}H_{18}O_7, H_2O$.

§. 890. Die Veratrumsäure bildet mit den basischen Oxyden die veratrumsauren Salze, Veratrates; die Alkalisalze sind krystallisirbar, in Wasser und Weingeist löslich und geben mit Blei- und Silbersalzen in Weingeist lösliche Niederschläge.

Angelikfäure (vergl. Bd. 3, S. 620.)

69,30 — 228,0	Kohlenstoff		als Hydrat:	
8,75 — 29,0	Wasserstoff		97,34 — 329,0	Angelikfäure
21,95 — 72,0	Sauerstoff		2,66 — 9,0	Wasser
100,00 — 329,0	Angelikfäure:		100,00 — 338,0	Angelikfäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{38}H_{29}O_9$ oder $\overline{Ag}$ = 329,0 und $C_{38}H_{29}O_9$, HO oder $\overline{Ag}$, Aq. = 338,0. Atom. $C_{38}H_{58}O_9$ und $C_{38}H_{58}O_9, H_2O$.

§. 891. Die Angelikfäure bildet mit den basischen Oxyden die angelikfauren Salze, Angelicates, von denen die der reinen und erdigen Alkalien in Wasser löslich sind und bitter schmecken; die Lösungen geben mit Eisenoxydsalzen einen fleischfarbenen Niederschlag und wirken auf Silber- und Quecksilbersalze reducirend.

Lithofellinsäure (vergl. Bd. 3, S. 940).

72,29 — 240,0	Kohlenstoff		als Hydrat:	
10,24 — 36,0	Wasserstoff		97,65 — 332,0	Lithofellinsäure
17,49 — 56,0	Sauerstoff		2,35 — 9,0	Wasser
100,00 — 332,0	Lithofellinsäure:		100,00 — 341,0	Lithofellinsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{40}H_{36}O_7$ oder $\overline{Lf}$ = 332,0 und $C_{40}H_{36}O_7$, HO oder $\overline{Lf}$, Aq. = 341,0. Atom. $C_{40}H_{72}O_7$ und $C_{40}H_{72}O_7, H_2O$.

§. 892. Die Lithofellinsäure bildet mit den basischen Oxyden die lithofellinsauren Salze, Lithofellates, von denen das bis jetzt am genauesten bekannte, das Silbersalz, welches wenig in Wasser, leicht in Weingeist löslich auf 1 Aequiv. Sauerstoff der Basis 7 Aequiv. Sauerstoff der Säure enthält.

Als flüchtige Säuren sind ferner noch anzuführen die Adipinsäure, $C_{14}H_9O_7$ = $\overline{Ad}$, und die Lipinsäure, $C_5H_3O_4$ = $\overline{Lp}$, welche wie die Pimelinsäure und Korksäure Zersetzungsprodukte der Elainsäure durch Salpetersäure sind (vergl. Bd. 3, S. 507). Ferner gehört die Opiansäure ($C_{20}H_9O_9$, HO oder $\overline{Op}$ Aq. = 201,0 oder 210,0) zu den flüchtigen Säuren (vergl. Bd. 3, S. 534). Ueber die flüchtigen Brenzsäuren ist bei den betreffenden Stammsäuren nachzusehen.

b. Brenzsäuren liefernde Säuren.

Citronensäure (vergl. Bd. 3, S. 467 ff.).

41,38 — 24,0 Kohlenstoff		als Hydrat bei 100° abgeschieden:
3,45 — 2,0 Wasserstoff		86,57 — 58,0 Citronensäure
55,17 — 32,0 Sauerstoff		13,43 — 9,0 Wasser
100,00 — 58,0 Citronensäure:		100,00 — 67,0 Citronensäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_4\,H_2\,O_4$ oder $\overline{C}$ = 58,0 und $C_4\,H_2\,O_4$, HO oder $\overline{C}$, Aq. = 67,0. Atom. $C_4\,H_4\,O_4$ und $C_4\,H_4\,O_4$, $H_2\,O$.

§. 893. Die Citronensäure bildet mit den basischen Oxyden die citronensauren Salze, Citronates, welche mit Ausnahme der Alkalisalze meist unlöslich sind (citronensaurer Kalk löst sich nur in kaltem, nicht in heißem Wasser), alle in der Hitze ein saures Destillat geben und theils neutraler, theils basischer Natur sind.

Nach Liebig ist die Citronensäure eine dreibasische Säure, deren Zusammensetzung im wasserfreien Zustand durch die Formel $C_{12}\,H_5\,O_{11}$ ausgedrückt wird und für seine Hydrate und Salze folgende Zusammensetzung anzunehmen ist

a) $C_{12}\,H_5\,O_{11}$ = $\overline{C}$, Citronensäure im getr. Silbersalz;

b) $C_{12}\,H_5\,O_{11}$, 3 HO = $\overline{C}$, 3 Aq., bei 100° getrockneter Säure d;

c) $C_{12}\,H_5\,O_{11}$, 3 HO, Aq. = $\overline{C}$, 4 Aq., bei Abkühlung krystallisirende Säure;

d) $C_{12}\,H_5\,O_{11}$, 3 HO, 2 Aq. = $\overline{C}$, 5 Aq., bei 16° durch Verdunsten krystallisirende Säure;

$C_{12}\,H_5\,O_{11}$, 3 MO, Aq. = neutrale citronensaure Salze;

$C_{12}\,H_5\,O_{11}$, 3 MO = getrocknete neutrale citronensaure Salze;

$C_{12}\,H_5\,O_{11}$, 3 MO, MO = dreibasische citronensaure Salze;

$C_{12}\,H_5\,O_{11}$, 3 MOMe, Aq. = desgl.

$C_{12}\,H_5\,O_{11}$, 2 PbO, HO, 2 Aq. = zweibasisches citronens. Bleisalz;

$\left.\begin{matrix} C_{12}\,H_5\,O_{11},\ Sb\,O_3 \\ C_{12}\,H_5\,O_{11},\ 3\,KO \end{matrix}\right\} + 5$ Aq. = citronensaures Antimonoxydkali;

$C_{12}\,H_5\,O_{11}$, KO, 2 Aq. = einbasisches citronensaures Kali.

Brenzcitronensäure ($C_5\,H_2\,O_3$, HO oder p$\overline{C}$, Aq. = 56,0 und 65,0) bildet sich bei der trocknen Destillation der Citronensäure und krystallisirt in rhombischen Blättern und Rhombenoktaëdern, schmilzt bei 160°, ist unzersetzt flüchtig, in Wasser und Weingeist löslich und bildet mit den basischen Oxyden die brenzcitronensauren Salze, Pyrocitronales, welche meist löslich, zum Theil krystallisirbar sind und in Eisenoxydlösungen rothe, in Blei-, Quecksilber- und Silberlösungen weiße unlösliche, aber in Manganoxydlösungen blaß-rothe, in Nickeloxydlösungen blaß grünlich-blaue und in Kupferoxydlösungen blaugrüne krystallinische mehr oder minder lösliche Niederschläge hervorbringen.

Beim gelinden Schmelzen der Citronensäure bis zum Erscheinen brenzlicher Produkte bildet sie eine andere Säure, die fertig gebildet in Aconitum Napellus und mehreren Arten von Equisetum vorkommt und deßhalb mit **Aconitsäure** oder **Equisetsäure** ($C_4\,HO_3$, HO oder $\overline{Ac}$, Aq. oder $\overline{Eq}$, Aq = 49,0 und 58,0) bezeichnet wird; sie stellt eine warzig-krystallinische Masse dar, zerfällt bei stärkerer Erhitzung in Brenzcitronensäure und brenzliche Stoffe, löst sich in Wasser, Weingeist und

Aether, und bildet mit den basischen Oxyden die aconitsauren oder equisetsauren Salze, Aconitates oder Equisetates, von denen nur die Salze der reinen Alkalien leicht, die übrigen aber schwierig oder gar nicht in Wasser löslich sind.

Aepfelsäure (vergl. Bd. 3, S. 470).

41,38 — 24,0	Kohlenstoff	als Hydrat:	
3,45 — 2,0	Wasserstoff	86,57 — 58,0	Aepfelsäure
55,17 — 32,0	Sauerstoff	13,43 — 9,0	Wasser
100,00 — 58,0	Aepfelsäure:	100,00 — 67,0	Aepfelsäure-Hydrat.

Symb. und Aequiv. $C_4H_2O_4$ oder $\overline{M} = 58{,}0$ und $C_4H_2O_4$, HO oder $\overline{M}$, Aq $= 67{,}0$. Atom. $C_4H_4O_4$ und $C_4H_4O_4, H_2O$.

§. 894. Die Aepfelsäure, welche mit der Citronensäure gleiche Zusammensetzung hat, bildet mit den basischen Oxyden die äpfelsauren Salze, Malates, welche theils neutral, theils sauer, theils basisch sind; die neutralen Salze sind zerfließlich und nicht krystallisirbar, die sauren krystallisirbar. Die Alkalisalze bilden mit den unlöslichen äpfelsauren Metalloxyden Doppelverbindungen, die in Kalilauge löslich sind, weßhalb die Gegenwart von Aepfelsäure die Fällung des Kupfer- oder Eisenoxydes durch Alkalien verhindert.

Nach Liebig ist die Aepfelsäure eine zweibasische Säure, deren Zusammensetzung im wasserfreien Zustand durch die Formel $C_8H_4O_8$, als Hydrat durch die Formel $C_8H_4O_8$, 2 HO oder $\overline{M}$, 2 Aq ausgedrückt wird; die neutralen Salze sind demnach $= \overline{M}$, 2 MO, die sauren $= \overline{M}$, MO, Aq zusammengesetzt.

Maleïnsäure (C_4HO_3, HO oder $\overline{Ma}$, Aq $= 49{,}0$ und $58{,}0$, nach Liebig als zweibasische Säure $= C_8H_2O_6$, 2 HO oder $\overline{Ma}$, 2 Aq) bildet sich bei der schnellen Erhitzung der Aepfelsäure auf 200°, krystallisirt in farblosen durchsichtigen Blättern oder schiefen rhombischen Säulen, schmeckt sehr sauer, hintennach aber eckelhaft, löst sich leicht in Wasser, Weingeist und Aether, giebt beim raschen Erhitzen eine flüchtige Materie (welche die Zusammensetzung der wasserfreien Säure hat, aber über ihren Siedpunkt, = 176°, zersetzt wird), und beim längeren Erhitzen bis zum Schmelzpunkt folgende Säure, und bildet mit den basischen Oxyden die maleïnsauren Salze, Maleïnates, von denen die Alkalisalze sehr löslich und schwierig krystallisirbar sind; ihre Lösungen geben mit salpetersaurem Silberoxyd einen weißen, nach dem Trocknen beim Erhitzen verpuffenden Niederschlag; das Bleisalz ist krystallinisch.

Paramaleïnsäure (C_4HO_3, HO oder $\overline{pMa}$, Aq $= 49{,}0$ und $58{,}0$) bildet sich beim längeren Erhitzen der Aepfelsäure und Maleïnsäure auf 150°, und findet sich fertig gebildet in Fumaria officinalis (auch im Isländischen Moos), weßhalb sie auch Fumarsäure, $\overline{Fu}$, benannt wird; das Hydrat krystallisirt in weißen, weichen, glimmerartigen Blättchen, schmeckt schwach sauer, ist nur bei Zutritt der Luft unzersetzt flüchtig, löst sich wenig in kaltem, leichter in heißem Wasser, so wie in Weingeist, und bildet mit den basischen Oxyden die fumarsauren oder paramaleïnsauren Salze, Fumarates oder Paramaleïnates, von denen die Alkalisalze leicht löslich und krystallisirbar, die übrigen mehr oder weniger schwer löslich und auch zum Theil krystallisirbar sind. Die Paramaleïnsäure, Maleïnsäure und Aconitsäure haben dieselbe Zusammensetzung, unterscheiden sich aber nach Liebig dadurch, daß erstere

einbasisch, die zweite zweibasisch und die dritte dreibasisch ist, wonach sie folgende Formeln erhalten;

C_4HO_3, HO = Paramaleïnsäure;
$C_8H_2O_6$, 2 HO = Maleïnsäure;
$C_{12}H_3O_9$, 3 HO = Aconitsäure.

Weinsteinsäure (vergl. Bd. 3, S. 486 ff.).

			als Hydrat:
36,36 — 24,0	Kohlenstoff		
3,06 — 2,0	Wasserstoff	88,0 — 66,0	Weinsteinsäure
60,58 — 40,0	Sauerstoff	12,0 — 9,0	Wasser
100,00 — 66,0	Weinsteinsäure:	100,0 — 75,0	Weinsteinsäure-Hydrat.

Symb. und Aequiv. $C_4H_2O_5$ oder $\overline{T}$ = 66,0 und $C_4H_2O_5$, HO oder $\overline{T}$, Aq = 75,0. Atom $C_4H_4O_5$ und $C_4H_4O_5$, H_2O.

§. 895. Die Weinsteinsäure bildet mit den basischen Oxyden die weinsteinsauren Salze, Tartrates, in denen sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure entweder wie 1 : 5 oder 1 : 10 verhält; die eine Reihe enthält 1 Aequiv. Metalloxyd und ist von neutraler Beschaffenheit, die andere auf 2 Aequiv. Säure 1 Aequiv. Metalloxyd und 1 Aequiv. Wasser, und ist von saurer Reaction; wird das Wasser der sauren Salze durch ein Aequiv. eines anderen als bereits gebundenen Metalloxydes vertreten, so entstehen weinsteinsaure Doppelsalze mit verschiedener Basis (KO, HO, 2 $\overline{T}$ giebt mit kohlensaurem Natron CO_2 und KO, $\overline{T}$ + NaO, $\overline{T}$). Von den neutralen Salzen sind nur die der Alkalien und des Kupferoxydes leicht löslich, während sich die sauren Alkalisalze schwer in Wasser lösen; die neutralen Alkalisalze werden durch Zusatz von Säure schwer löslich, die schwer oder unlöslichen Säuren löslicher; die unlöslichen weinsteinsauren Salze lösen sich sämmtlich in Kalilauge oder Ammoniak, weßhalb bei Gegenwart der Weinsteinsäure die Fällung verschiedener Metalloxyde durch Alkalien verhindert wird. Alle weinsteinsauren Salze zersetzen sich beim Erhitzen unter Abscheidung von Kohle und Verbreitung eines eigenthümlichen, dem gebrannten Zucker ähnlichen Geruches. Das weinsteinsaure Antimonoxydkali (Brechweinstein) und Antimonbleioxyd verliert beim Erhitzen auf 200° noch 2 Aequiv. Wasser, welche entweder aus den Bestandtheilen der Weinsteinsäure oder aus dem Sauerstoff des Antimonoxydes und einem Theil Wasserstoff der Weinsteinsäure gebildet worden ist, und beide Salze treten in dieser Beziehung aus der Reihe der weinsteinsauren; bei Berührung mit Wasser wird das abgeschiedene Wasser wieder aufgenommen und die ursprüngliche Natur der genannten Salze wieder hergestellt.

Die Weinsteinsäure ist nach Liebig eine zweibasische Säure und ihre Zusammensetzung im wasserfreien Zustand durch die Formel $C_8H_4O_{10}$ oder $\overline{T}$, als Hydrat durch die Formel $C_8H_4O_{10}$, 2 HO oder $\overline{T}$, 2 Aq auszudrücken; die neutralen Salze sind dann als 2 MO, $\overline{T}$, die sauren als MO, $\overline{T}$, Aq zu betrachten.

Die Weinsteinsäure liefert beim vorsichtigen Erhitzen bis 180—200° verschiedene Säuren, nämlich, außer wasserfreier Weinsteinsäure, auch Tartralsäure und Tartrelsäure. Die Tartralsäure ($C_{12}H_6O_{15}$, 2 HO oder $\overline{Tal}$) bildet sich zu Anfang, wenn die schmelzende Weinsteinsäure beginnt, schwach gelblich zu werden; die Tartrelsäure ($C_{16}H_8O_{20}$, 2 HO oder $\overline{Tel}$) entsteht aus der Tartralsäure, wenn diese ohne Temperaturerhöhung längere Zeit geschmolzen wird, und die sog. wasserfreie

Weinsteinsäure ($C_4H_2O_5$) ist das letzte Produkt dieser Zersetzung. Alle drei Säuren sind amorph, gummiartig, gehen in Berührung mit Wasser wieder in gewöhnliche Weinsteinsäure über, und bilden mit Kalk und Baryt lösliche Salze. Diese Säuren stehen in folgenden Verhältnissen zu einander:

$C_4H_2O_5$ = wasserfreie Weinsteinsäure;
$2\,C_4H_2O_5, 2\,HO$ = krystallisirte Weinsteinsäure;
$3\,C_4H_2O_5, 2\,HO$ = Tartralsäure;
$4\,C_4H_2O_5, 2\,HO$ = Tartrelsäure.

Brenzweinsteinsäure ($C_6H_3O_5$, HO oder $p\overline{T}$, Aq = 73,0 oder 82,0) bildet sich neben Brenztraubensäure bei der trocknen Destillation der krystallisirten Weinsteinsäure und Traubensäure, ist syrupartig, gelblich, riecht in der Wärme stechend sauer, schmeckt scharf sauer, hintennach bitter, zersetzt sich theilweise bei der trocknen Destillation, löst sich in Wasser, Weingeist und Aether, und bildet mit den basischen Oxyden die brenzweinsteinsauren Salze, Pyrotartrates, die zum Theil in Wasser löslich und dann krystallisirbar oder gummiartig, wenig in Weingeist, gar nicht in Aether löslich sind; einige neutrale unlösliche Salze werden durch Wasser, andere durch Weingeist in saure lösliche und basische Salze zersetzt. Die Lösungen der brenzweinsteinsauren Salze verursachen in Eisenoxydulsalzen eine tiefrothe Färbung und geben im concentrirten Zustand mit festem Kupfervitriol einen weißen Niederschlag (über feste Brenzweinsteinsäure vergl. Brenztraubensäure).

Traubensäure (vergl. Bd. 3, S. 496).

			als Hydrat:
36,36 — 24,0	Kohlenstoff		
3,06 — 2,0	Wasserstoff	88,0 — 66,0	Traubensäure
60,58 — 40,0	Sauerstoff	12,0 — 9,0	Wasser
100,00 — 66,0	Traubensäure:	100,00 — 75,0	Traubensäure-Hydrat.

Symb. und Aequiv. $C_4H_2O_5$ oder $\overline{Uv}$ = 66,0 und $C_4H_2O_5$, HO oder $\overline{Uv}$, Aq = 75,0. Atom. $C_4H_4O_5$ und $C_4H_4O_5$, H_2O.

§. 896. Die Traubensäure, welche im wasserfreien Zustand dieselbe Zusammensetzung und Sättigungscapacität als die Weinsteinsäure hat und nur im freien krystallisirten Zustand 1 Aequiv. Wasser ($\overline{Uv}$ Aq, Aq) mehr enthält, bildet mit den basischen Oxyden die traubensauren Salze, Uvates, die dieselbe Zusammensetzung wie die weinsteinsauren Salze haben und sich, so weit sie bis jetzt untersucht sind, von diesen nur wenig unterscheiden.

Die Traubensäure ist nach Liebig eine zweibasische Säure und ihre Zusammensetzung durch die Formel $C_8H_4O_{10}$ auszudrücken.

Brenztraubensäure oder feste Brenzweinsteinsäure ($C_5H_3O_3$, HO oder $p\overline{Uv}$, Aq = 57,0 und 66,0, bildet sich bei der trocknen Destillation der krystallisirten Traubensäure und Weinsteinsäure, in größter Menge aber bei der Erhitzung des Weinsteins (über Eigenschaften vergl. Bd. 3, S. 496); die brenztraubensauren Salze, Pyrouvates, sind im neutralen Zustand nicht, als saure leicht krystallisirbar, jedoch sind die Angaben über die Eigenschaften derselben, so wie auch über die Säure selbst, sehr verschieden.

Mekonsäure (vergl. Bd. 3, S. 472 ff.).

			krystallisirt:		
42,0 —	42,0	Kohlenstoff			
2,0 —	2,0	Wasserstoff	78,74 —	100,0	Mekonsäure
56,0 —	56,0	Sauerstoff	22,26 —	27,0	Wasser
100,0 —	100,0	Mekonsäure :	100,00 —	127,0	Mekonsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_7 H_2 O_7$ oder $\overline{Me}$ = 100,0 und $C_7 H_2 O_7$, 3 HO oder $\overline{Me}$, Aq = 127,0. Atom. $C_7 H_4 O_7$ und $C_7 H_4 O_7$, 3 H_2O.

§. 897. Die Mekonsäure bildet mit den basischen Oxyden die mekonsauren Salze, Meconates, in denen sich der Sauerstoff der Basis zu dem der Säure wie 2 : 7, 1 : 7 und 1 : 14 verhält (die sog. neutralen und sauren Salze reagiren im löslichen Zustand sauer, die basischen alkalisch); die sauren Salze der reinen und erdigen Alkalien lösen sich leicht, die neutralen und basischen leichter in Wasser, fast sämmtliche mekonsaure Salze aber nicht in Weingeist; sie werden durch Säuren und in der Hitze zersetzt.

Nach Liebig ist die Mekonsäure eine dreibasische Säure, deren Zusammensetzung im wasserfreien Zustand durch die Formel $C_{14} H O_{11}$, als Hydrat (bei 100° getrockneter Säure durch die Formel $C_{14} H O_{11}$, 3 HO und die der Salze durch $\overline{Me}$, 3 MO; $\overline{Me}$, 2 MO, HO und $\overline{Me}$, MO, 2 HO auszudrücken ist.

Komensäure ($C_6 H O_4$, HO oder $\overline{Ko}$, Aq = 69,0 und 78,0) bildet sich beim Sieden der Mekonsäure mit Wasser oder Salzsäure, auch beim vorsichtigen Erhitzen der krystallisirten Säure, ist krystallisirbar, von schwach saurem Geschmack und ziemlich in Wasser löslich, und bildet mit den Basen die komensauren Salze, Komenates, von denen man nur weiß, daß die sauren Salze löslicher sind, als die neutralen (nach Liebig ist die Komensäure eine zweibasische Säure, deren Zusammensetzung als Hydrat durch die Formel $C_{12} H_2 O_8$, 2 HO auszudrücken ist).

Brenzmekonsäure oder Brenzkomensäure ($C_{10} H_3 O_5$, HO oder p$\overline{Me}$ = 103,0 und 112,0) bildet sich bei der trocknen Destillation der Mekonsäure und Komensäure; die pyromekonsauren Salze, Pyromeconates, sind noch wenig bekannt (über die Eigenschaften der Säure vergl. Bd. 3, S. 473).

Schleimsäure (vergl. Bd. 3, S. 888 ff.).

			als Hydrat:		
37,50 —	36,0	Kohlenstoff			
4,13 —	4,0	Wasserstoff	91,43 —	96,0	Schleimsäure
58,47 —	56,0	Sauerstoff	8,57 —	9,0	Wasser
100,00 —	96,0	Schleimsäure:	100,00 —	105,0	Schleimsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_6 H_4 O_7$ oder $\overline{Mu}$ = 96,0 und $C_6 H_4 O_7$, HO oder $\overline{Mu}$, Aq = 105,0. Atom. $C_6 H_8 O_7$ und $C_6 H_8 O_7$, H_2O.

§. 898. Die Schleimsäure bildet mit den basischen Oxyden die schleimsauren Salze, Mucates, über welche a. a. O. S. 889 zu vergleichen ist.

Die Schleimsäure ist als eine zweibasische Säure zu betrachten, und ihre Zusammensetzung durch die Formel $C_{12} H_8 O_{14}$, 2 HO (vergl. a. a. O.) auszudrücken.

Ueber Brenzschleimsäure ($C_{10} H_3 O_5$, HO oder p$\overline{Mu}$ Aq = 103,0 und 112,0) und brenzschleimsaure Salze, Pyromucates, vergl. Bd. 3, S. 890.

Gerbsäure (vergl. Bd. 3, S. 497).

50,94 —	108,0	Kohlenstoff
3,78 —	8,0	Wasserstoff
45,28 —	96,0	Sauerstoff
100,00 —	212,0	Gerbsäure.

Symb. und Aequiv. $C_{18}H_8O_{12}$ oder $\overline{Qt} = 212,0$. Atom. $C_{18}H_{16}O_{12}$.

§. 899. Die Gerbsäure bildet mit den basischen Oxyden die gerbsauren Salze, Quercitannales, von denen die Salze der Alkalien leicht, die der erdigen Alkalien schwer, die übrigen gar nicht löslich sind; an der Luft färben sich die Alkalisalze unter Bildung von Gallussäure braun.

Die Gerbsäure ist nach Liebig eine dreibasische Säure und ihre Zusammensetzung durch die Formel $C_{18}H_5O_9$, 3 HO auszudrücken.

Die Gallussäure ($C_7H_3O_5$, HO oder $\overline{G}$, Aq = 85,0 und 94,0) ist ein Zersetzungsprodukt der Gerbsäure; sie bildet mit den basischen Oxyden die gallussauren Salze, Gallates, welche theils sauer, theils neutral sind; die Salze der Alkalien, des Manganoxyduls, Eisenoxyduls, Kobaltoxyduls, Nickeloxydes und Zinkoxydes sind löslich, die übrigen unlöslich, die beiden Bleisalze aber krystallinisch (die Gallussäure ist nach Liebig zweibasisch und ihre Zusammensetzung durch die Formel C_7HO_3, 2 HO, Aq auszudrücken). Als weitere Zersetzungsprodukte der Gerbsäure (und Gallussäure) sind zu betrachten: die Brenzgallussäure ($C_6H_3O_3$ oder $p\overline{G} = 63,0$), welche mit den Alkalien die brenzgallussauren Salze, Pyrogallates, bildet, die farblos, krystallisirbar und löslich sind und alle Eisensalze intensiv schwarzblau fällen; die aus der Brenzgallussäure bei 250° sich bildende Melangallussäure ($C_{12}H_3O_3$, HO oder $\overline{Mg}$, Aq = 126,0 und 135,0) bildet mit den Alkalien melangallussaure Salze, Melangallates, welche sich mit tief schwarzer Farbe in Wasser lösen und Blei- und Silbersalze schwarz fällen. Ellagsäure ($C_7H_2O_4$, HO oder $\overline{Eg}$, Aq = 76,0 und 85,0) ist in ihren Salzen noch nicht untersucht; die mit ihr gleiche Zusammensetzung habende Paraellagsäure giebt mit Kali ein rothes krystallisirbares Salz.

Die Catechugerbsäure (vergl. Bd. 3, S. 502) ist nach der Formel $C_{18}H_9O_4$ ($\overline{Ct} = 149,0$) zusammengesetzt und findet sich im Catechu neben der Catechusäure ($C_{20}H_9O_8$, HO oder $\overline{Cch}$, Aq = 193,0 und 202,0); bei der trocknen Destillation wird sie in Brenzcatechusäure (C_6H_2O, HO oder $p\overline{Cch}$ Aq = 46,0 und 55,0) verwandelt.

In den Chinarinden findet sich an die Alkaloïde gebunden die Chinagerbsäure, $\overline{Cht}$, und im Kino die Kinogerbsäure, $\overline{Kt}$, die jedoch ihrer Zusammensetzung nach unbekannt sind.

c) Nichtflüchtige Säuren ohne Brenzsäuren.

Chinasäure (vergl. Bd. 3, S. 466).

			als Hydrat:		
45,90 —	84,0	Kohlenstoff			
6,01 —	11,0	Wasserstoff	95,26 —	183,0	Chinasäure
48,09 —	88,0	Sauerstoff	4,74 —	9,0	Wasser
100,00 —	183,0	Chinasäure:	100,00 —	192,0	Chinasäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{14}H_{11}O_{11}$ oder $\overline{Ch} = 183,0$ und $C_{14}H_{11}O_{11}$, HO oder $\overline{CH}$ Aq = 192. Atom. $C_{14}H_{22}O_{11}$ und $C_{14}H_{22}O_{11}$, H_2O.

§. 900. Die Chinasäure bildet mit den basischen Oxyden die chinasauren Salze, Chinates, die mit Ausnahme des basischen Bleisalzes in Wasser, aber nicht in Weingeist löslich und krystallisirbar sind und beim Erhitzen einen den weinsteinsauren Salzen ähnlichen Geruch verbreiten.

Die Chinasäure ist nach Woskresensky eine vierbasische Säure, und dann nach der Formel $C_{14}H_8O_8$, 4 HO zusammengesetzt.

Die Chinasäure giebt beim Erhitzen mit Braunstein und Schwefelsäure das sog. Chinon oder Chinoyl ($C_{25}H_8O_8$), welches gelbe, bei 100° schmelzende und bei höherer Temperatur flüchtige Krystalle darstellt, ohne Reaction auf Pflanzenfarben und schwer löslich in Wasser, leicht löslich in Weingeist und Aether ist. Bei der trocknen Destillation der Chinasäure bildet sich neben Benzol, Karbolsäure, Salicylwasserstoff und Benzoësäure ein farbloses Hydrochinon, $C_{25}H_{12}O_8$, in sechsseitigen Prismen, welche geruchlos, von süßem Geschmack und ohne Reaction auf Pflanzenfarben, so wie auch unter gewissen Bedingungen flüchtig sind, aber beim Erhitzen über den Verflüchtigungspunkt theilweise in Chinon und die folgende Verbindung zersetzt werden, leicht in Wasser, Weingeist und Aether löslich sind und mit Eisenchlorid unter schwarzrother Färbung ausgezeichnet schöne und glänzende Krystalle von grünem Hydrochinon ($C_{25}H_{10}O_8$) geben, das theilweise flüchtig ist und dabei Chinon und farbloses Hydrochinon giebt; durch desoxydirende Substanzen wird es ebenfalls in die farblose Verbindung, das Chinon aber durch schwefelige Säure, Zinnchlorür, Eisenvitriol, Zink und Salzsäure in die grüne oder farblose Verbindung verwandelt.

Pectinsäure (vergl. Bd. 3, S. 477 ff.).

42,64	— 168,0	Kohlenstoff
5,05	— 20,0	Wasserstoff
52,31	— 208,0	Sauerstoff
100,00	— 396,0	Pectinsäure.

Symb. und Aequiv. $C_{28}H_{20}O_{26}$ oder $\overline{Pct}$ = 396,0. Atom. $C_{28}H_{40}O_{26}$.

§. 901. Die Pectinsäure bildet mit den basischen Oxyden die pectinsauren Salze, Pectates, von denen nur die der Alkalien löslich sind, die übrigen aber gallertartige Niederschläge darstellen.

Die Pectinsäure scheint erst durch die chemische Einwirkung auf die pectinige Säure und Ueberpectinsäure zu entstehen. Die pectinige Säure ($C_{28}H_{20}O_{24}$, HO) entsteht durch die Einwirkung verdünnter Mineralsäuren auf unreife Früchte oder reife weiße Rüben, reagirt schwach sauer, löst sich in Wasser und Alkalien, und wird durch Erwärmen mit verdünnter Kalilauge in Pectinsäure verwandelt. Ueberpectinsäure ($C_{28}H_{19}O_{27}$) wird aus den mit Salzsäure gekochten und mit Wasser ausgewaschenen Rüben durch kochende verdünnte Kalilauge und Fällen mit einer Säure als eine dicke Gallerte erhalten, die der Pectinsäure ganz ähnlich ist, sich aber wesentlich dadurch von dieser unterscheidet, daß sie in Ammoniak unlöslich ist. Die Metapectinsäure hat die oben angegebene Zusammensetzung der Pectinsäure.

Chinovasäure (vergl. Bd. 3, S. 644).

69,30	— 228,0	Kohlenstoff	als Hydrat:		
8,81	— 29,0	Wasserstoff	97,34	— 329,0	Chinovasäure
21,89	— 72,0	Sauerstoff	2,66	— 9,0	Wasser
100,00	— 329,0	Chinovasäure:	100,00	— 338,0	Chinovasäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{38}H_{29}O_9$ oder $\overline{Chn}$ = 329,0 und $C_{38}H_{29}O_9$, HO od. $\overline{Chn}$, Aq = 338,0. Atom. $C_{38}H_{58}O_9$ und $C_{38}H_{58}O_9$, H_2O.

§. 902. Die Chinovasäure bildet mit den basischen Oryden die chinovasauren Salze, Chinovates, von denen die Salze der Alkalien und Erdalkalien in Wasser und Weingeist löslich, aber nicht krystallisirbar sind.

Usninsäure (vergl. Bd. 3, S. 702).

63,87 —	228,0	Kohlenstoff
4,76 —	17,0	Wasserstoff
31,37 —	112,0	Sauerstoff
100,00 —	357,0	Usninsäure.

Symb. und Aequiv. $C_{38}H_{17}O_{14}$ oder $\overline{Us}$ = 357. Atom. $C_{38}H_{34}O_{14}$.

§. 903. Die Usninsäure, welche bei 200° schmilzt und etwas darüber unter Entwicklung stechend riechender Dämpfe zersetzt wird, bildet mit den basischen Oryden die usninsauren Salze, Usnates, welche farblos sind und schon durch Luftzutritt zersetzt werden.

Ueber die Lecanorsäure ($C_{18}H_8O_8$ oder $\overline{Ln}$) vergl. Bd. 3, S. 698 bis 699, über Bezoarsäure ($C_{14}H_2O_7$, HO oder $\overline{Br}$ = 142,0 und 151,0) a. a. O. S. 941.

Hydroxalsäure, Zuckersäure (vergl. Bd. 3, S. 876).

37,50 —	36,0 Kohlenstoff		als Hydrat:		
4,17 —	4,0 Wasserstoff		91,43 —	96,0	Hydroxalsäure
58,33 —	56,0 Sauerstoff		8,57 —	9,0	Wasser
100,00 —	96,0 Hydroxalsäure:		100,00 —	105,0	Hydroxalsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_6H_4O_7$ oder $\overline{Hx}$ = 96,0 und $C_6H_4O_7$, HO oder $\overline{Hx}$, Aq = 105,0. Atom. $C_6H_8O_7$ und $C_6H_8O_7$, H_2O.

§. 904. Die Hydroxalsäure bildet mit den basischen Oryden die hydroxalsauren Salze, Hydroxalates, welche meist in Wasser löslich sind (vergl. sonst a. a. O.).

Amygdalinsäure (vergl. Bd. 3, S. 779).

52,40 —	240,0 Kohlenstoff	als Hydrat:		
5,67 —	26,0 Wasserstoff	98,5 —	458,0	Amygdalinsäure
41,93 —	192,0 Sauerstoff	1,5 —	9,0	Wasser
100,00 —	458,0 Amygdalinsäure:	100,0 —	467,0	Amygdalinsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{40}H_{26}O_{24}$ oder $\overline{Am}$ = 458,0 und $C_{40}H_{26}O_{24}$, HO oder $\overline{Am}$, Aq = 467,0. Atom. $C_{40}H_{52}O_{24}$ und $C_{40}H_{52}O_{24}$, H_2O.

§. 905. Die Amygdalinsäure bildet mit den basischen Oryden die amygdalinsauren Salze, Amygdalates, die mit Ausnahme des basischen Bleisalzes alle löslich, aber sonst wenig untersucht sind.

Die Mandelsäure ($C_{16}H_7O_5$, HO oder $\overline{Ay}$, Aq = 143,0 und 152,0) ist nach ihren Salzen Bd. 3, S. 785 beschrieben.

Anhang.

Achilleasäure ist von Zanon in Achillea Millefolium aufgefunden worden; sie krystallisirt in vierseitigen Prismen, schmeckt und reagirt sauer, fällt das basische aber nicht das neutrale essigsaure Bleioryd und bildet mit den reinen und erdigen Alkalien, Magnesia und Chinin krystallisirbare Salze.

Betinsäure ist von Maier in Beta vulgaris aufgefunden worden; sie krystallisirt in Spießen, schmeckt und reagirt sauer und wird sowohl für sich als in ihren Salzen leicht verändert.

Chelidonsäure ($C_{14}H_2O_{10}$, 2 HO) ist von Probst in Chelidonium entdeckt und von Lerch genauer untersucht worden; sie krystallisirt in

farblosen, seidenglänzenden Nadeln und bildet mit den basischen Oxyden drei Reihen von Salzen, die meist in Wasser löslich und krystallisirbar sind.

Chlorogensäure ist von Payen in den Kaffeebohnen aufgefunden worden; sie krystallisirt schwierig in mikroskopischen Prismen, reagirt sauer und ist der Formel $C_{14} H_8 O_7$ entsprechend zusammengesetzt. Rochleder konnte diese Säure nur amorph erhalten und fand ihre Zusammensetzung = $C_{32} H_{18} O_{16}$, aber auch, daß sie bei der Verbindung mit Basen noch 1 bis 3 Aequiv. Wasser abgeben kann. Als Viridinsäure ($C_{14} H_7 O_8$) beschreibt Rochleder eine andere in den Kaffeebohnen vorkommende Säure, die ebenfalls nicht krystallisirbar ist.

Digitalinsäure ist von Morin in Digitalis purpurea aufgefunden worden; sie ist krystallisirbar und bildet mit den basischen Oxyden theils krystallisirbare, theils gummiartige lösliche, sowie auch unlösliche Salze.

Euranthinsäure ($C_{14} H_{16} O_{21}$) findet sich in dem sog. Purree (Jaune indien), einer Farbedrogue; sie krystallisirt in seidenglänzenden, blaß strohgelben Nadeln und giebt mit den Alkalien lösliche, mit den übrigen Oxyden unlösliche Verbindungen.

Nikotinsäure ($C_6 H_2 O_6$, 2 HO) ist von Barral in dem Tabak aufgefunden worden; sie krystallisirt in glänzenden Blättchen und giebt mit Kali, Ammoniak und Nicotin krystallisirbare Salze; Goupil konnte jedoch nur die bereits von Vauquelin beobachtete Aepfelsäure finden.

Robiniasäure wurde von Reinsch in der Wurzel der Robinia Pseudoacacia aufgefunden; sie krystallisirt in farblosen Nadeln; das Ammoniaksalz findet sich in der Wurzel und giebt mit Baryt-, Kalk-, Eisenoxydul-, Blei-, Quecksilber- und Silbersalzen Niederschläge.

d) Nicht flüchtige Fettsäuren.

Stearinsäure (vergl. Bd. 3, S. 504).

79,39 — 408,0 Kohlenstoff		als Hydrat:	
12,06 — 66,0 Wasserstoff		96,61 — 514,0 Stearinsäure	
8,55 — 40,0 Sauerstoff		3,39 — 18,0 Wasser	
100,00 — 514,0 Stearinsäure:		100,00 — 532,0 Stearinsäurehydrat.	

Symb. und Aequiv. $C_{68} H_{66} O_5$ oder $\overline{St}$ = 514,0 und $C_{68} H_{66} O_5$, 2 HO oder $\overline{St}$, 2 Aq = 532,0. Atom. $C_{68} H_{132} O_5$ und $C_{68} H_{132} O_5$, 2 H_2O.

§. 906. Die Stearinsäure bildet mit den basischen Oxyden die stearinsauren Salze, Stearates; diese enthalten, da die Säure zweibasisch ist, entweder auf 2 Aequiv. Metalloxyd 1 Aequiv. (sog. neutrale Salze), oder auf 1 Aequiv. Metalloxyd und 1 Aequiv. Wasser 1 Aequiv. Säure (sog. saure Salze). Die neutralen Alkalisalze sind ohne Veränderung in 10—20 Th. Wasser löslich, zerfallen aber mit mehr Wasser unter Eintreten von alkalischer Reaction in der Flüssigkeit in saure Salze; die sauren Alkalisalze lösen sich in Weingeist zu einer Flüssigkeit, welche Lakmus röthet, bei Zusatz von Wasser aber wieder blau wird. Die stearinsauren Alkalien zersetzen die Salze der alkalischen Erden und übrigen Metalloxyde unter Abscheidung neutraler oder saurer Verbindungen. Durch verdünnte Mineralsäuren werden die Alkalisalze in der Wärme vollständig zersetzt.

Margarinsäure (vergl. Bd. 3, S. 505).

78,16 — 204,0 Kohlenstoff	als Hydrat:
12,22 — 33,0 Wasserstoff	96,67 — 261,0 Margarinsäure
9,62 — 24,0 Sauerstoff	3,33 — 9,0 Wasser
100,00 — 261,0 Margarinsäure:	100,00 — 270,0 Margarinsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{34}H_{33}O_3$, oder $\overline{Mr} = 261,0$ u. $C_{34}H_{33}O_3$, HO od. $\overline{Mr}$, Aq = 270,0. Atom. $C_{34}H_{66}O_3$ und $C_{34}H_{66}O_3$, H_2O.

§. 907. Die Margarinsäure bildet mit den basischen Oxyden ebenfalls zwei Reihen von margarinsauren Salzen, Margarates, die in Zusammensetzung (wenn das Aequiv. der Margarinsäure als einer zweibasischen Säure verdoppelt wird) und übrigem Verhalten den stearinsauren Salzen sehr ähnlich sind.

Bei der Behandlung der Margarinsäure mit Bleisuperoxyd in der Wärme (120°) bildet sich Oxymargarinsäure ($C_{34}H_{33}O_4$, HO), welche schon bei 43° schmilzt.

Elaïnsäure (vergl. Bd. 3, S. 507).

78,81 — 264,0 Kohlenstoff	als Hydrat:
11,64 — 39,0 Wasserstoff	97,38 — 335,0 Elaïnsäure
9,55 — 32,0 Sauerstoff	2,62 — 9,0 Wasser
100,00 — 335,0 Elaïnsäure:	100,00 — 344,0 Elaïnsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{44}H_{39}O_4$ oder $\overline{El} = 335,0$ und $C_{44}H_{39}O_4$, HO oder $\overline{El}$, Aq = 344,0. Atom. $C_{44}H_{78}O_4$ und $C_{44}H_{78}O_4$, H_2O.

§. 908. Die Elaïnsäure bildet mit den basischen Oxyden die elaïnsauren Salze, Elaates, welche theils neutral, theils sauer sind und sich den stearinsauren und margarinsauren Salzen sehr ähnlich verhalten, aber weicher oder leichter schmelzbar sind.

Die Elaïnsäure aus verschiedenen Fetten scheint eine verschiedene Zusammensetzung zu haben; so ist die Butterelaïnsäure nach der Formel $C_{34}H_{30}O_4$, HO, die Elaïnsäure des Leinöls nach der Formel $C_{46}H_{38}O_5$, nach Gottlieb die aus Gänsefett nach der Formel $C_{36}H_{33}O_3$, und nach Saalmüller die Ricinelaïnsäure nach der Formel $C_{38}H_{35}O_5$, HO zusammengesetzt; über andere abweichende Zusammensetzungen der Elaïnsäure vergl. a. a. O. S. 507.

Ueber Hydromargarinsäure, Hydromargaritinsäure, Metamargarinsäure, Hydroelaïnsäure und Metaelaïnsäure a. a. O. S. 510.

Myristinsäure (vergl. Bd. 3, S. 509).

76,71 — 168,0 Kohlenstoff	als Hydrat:
12,33 — 27,0 Wasserstoff	96,18 — 219,0 Myristinsäure
10,96 — 24,0 Sauerstoff	3,82 — 9,0 Wasser
100,00 — 219,0 Myristinsäure:	100,00 — 228,0 Myristinsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{28}H_{27}O_3$ oder $\overline{My} = 219,0$ und $C_{28}H_{27}O_3$, HO oder $\overline{My}$, Aq = 228,0. Atom. $C_{28}H_{54}O_3$ und $C_{28}H_{54}O_3$, H_2O.

§. 909. Die Myristinsäure bildet mit den basischen Oxyden die myristinsauren Salze, Myristates, von denen sich die der Alkalien durch ihre Löslichkeit in Weingeist und dadurch auszeichnen, daß die concentrirten wässerigen Lösungen nicht, wie die der drei beschriebenen fettsauren Alkalien Seifenleim geben und auch durch vieles Wasser nicht getrübt werden.

Laurostearinsäure ($C_{24}H_{23}O_3$, HO oder $\overline{Lst}$, Aq = 191,0 und 200,0) wird durch Verseifung des festen Theils der Lorbeerbutter u. s. w. als eine krystallinische, bei 42° schmelzende, sauer reagirende, nur in starkem Weingeist und in Aether lösliche Masse erhalten.

Kokkelstearinsäure ($C_{35}H_{34}O_3$, HO oder $\overline{Cst}$, Aq = 268,0 und 277,0), aus dem festen Fett der Kokkelskörner durch Verseifung u. s. w. erhalten, ist krystallinisch, stark perlmutterglänzend, von saurer Reaction und in schwachem Weingeist löslich.

Behensäure ($C_{30}H_{29}O_3$, HO) findet sich nach Walter neben Moringasäure ($C_{30}H_{27}O_3$, HO), Stearinsäure und Margarinsäure im Behenöl; Mulder fand hingegen, daß die feste Säure der Formel $C_{42}H_{41}O_3$, HO entsprechend, die flüssige (sog. Moringasäure) wie die Elaïnsäure des Gänsefettes ($C_{36}H_{33}O_3$, HO) zusammengesetzt sei.

Ueber die verschiedenen Ricinussäuren, so wie einige andere, noch nicht gehörig untersuchte Fettsäuren vergl. Bd. 3, S. 509 und §. 908.

II. Stickstoffhaltige organische Säuren.

Hippursäure (vergl. Bd. 3, S. 519).

63,53 —	108,0	Kohlenstoff			
4,70 —	8,0	Wasserstoff	als Hydrat:		
8,24 —	14,0	Stickstoff	94,97 —	170,0	Hippursäure
23,53 —	40,0	Sauerstoff	5,03 —	9,0	Wasser
100,00 —	170,0	Hippursäure:	100,00 —	179,0	Hippursäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{18}H_8NO_5$ oder $\overline{Hp}$ = 170,0 und $C_{18}H_8NO_5$, HO oder $\overline{Hp}$, Aq = 179,0. Atom. $C_{18}H_{16}N_2O_5$ und $C_{18}H_{16}N_2O_5$, H_2O.

§. 910. Die Hippursäure bildet mit den basischen Oxyden die hippursauren Salze, Hippurates, von denen die der reinen und erdigen Alkalien krystallisirbar und leicht löslich, die der schweren Metalloxyde schwer löslich sind (nur das Eisenoxydsalz verhält sich wie das benzoësaure Salz); sämmtliche Salze werden durch Säuren zersetzt und geben mit überschüssigem Kalkhydrat erhitzt Ammoniak und Benzin.

Harnsäure (vergl. Bd. 3, S. 520).

35,71 —	60,0	Kohlenstoff	
2,38 —	4,0	Wasserstoff	
33,34 —	56,0	Stickstoff	Hydrat?
28,57 —	48,0	Sauerstoff	
100,00 —	168,0	Harnsäure.	

Symb. und Aequiv. $C_{10}H_4N_4O_6$ oder $\overline{Ur}$ = 168,0. Atom. $C_{10}H_8N_8O_6$.

§. 911. Die Harnsäure bildet mit den basischen Oxyden die harnsauren Salze, Urates, von denen die der Alkalien und alkalischen Erden schwierig in kaltem, leichter in heißem oder alkalischem Wasser, die des Ammoniaks und der anderen Metalloxyde nicht löslich sind; sie werden sämmtlich durch Säuren und selbst durch Essigsäure zersetzt, wobei sich die Harnsäure als eine gallertartige, später zu feinen, glänzenden Blättchen übergehende Masse abscheidet.

Ueberharnsäure oder Oxyharnsäure ($C_{10}H_4N_4O_8$) bildet sich nach Unger bei der Einwirkung von chlorsaurem Kali und Salzsäure auf Guanin und krystallisirt in rhombischen Prismen.

Asparaginsäure (vergl. Bd. 3, S. 623).

41,74 —	48,0	Kohlenstoff			
4,35 —	5,0	Wasserstoff	als Hydrat:		
12,17 —	14,0	Stickstoff	86,45 —	115,0	Asparaginsäure
41,74 —	48,0	Sauerstoff	13,55 —	18,0	Wasser
100,00 —	115,0	Asparaginsäure:	100,00 —	133,0	Asparaginsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_8H_5NO_6$ oder $\overline{Ap}$ = 115,0 und $C_8H_5NO_6$, 2 HO oder $\overline{Ap}$, 2 Aq = 133,0. Atom. $C_8H_{10}N_2O_6$ und $C_8H_{10}N_2O_6$, $2\,H_2O$.

§. 912. Die Asparaginsäure bildet mit den basischen Oxyden die asparaginsauren Salze, Asparagates, welche meist in Wasser löslich sind und, da die Säure eine zweibasische ist, auf 1 Aequiv. wasserfreie Säure 2 Aequiv. Metalloxyd oder 1 Aequiv. Metalloxyd und 1 Aequiv. Wasser enthalten.

Indigsäure (vergl. Bd. 3, S. 714).

48,28 —	84,0	Kohlenstoff			
2,30 —	4,0	Wasserstoff	als Hydrat:		
8,05 —	14,0	Stickstoff	95,08 —	174,0	Indigsäure
41,37 —	72,0	Sauerstoff	4,92 —	9,0	Wasser
100,00 —	174,0	Indigsäure:	100,00 —	183,0	Indigsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{14}H_4NO_9$ oder $\overline{In}$ = 174,0 und $C_{14}H_4NO_9$, HO oder $\overline{In}$, Aq = 183,0. Atom. $C_{14}H_8N_2O_9$ und $C_{14}H_8N_2O_9$, H_2O.

§. 913. Die Indigsäure bildet mit den basischen Oxyden die indigsauren Salze, Indigates, welche meist leicht löslich und krystallisirbar sind und beim Erhitzen mit schwacher Detonation verbrennen.

Kohlenstickstoffsäure (vergl. Bd. 3, S. 715).

32,73 —	72,0	Kohlenstoff			
0,91 —	2,0	Wasserstoff	als Hydrat:		
19,09 —	42,0	Stickstoff	96,07 —	220,0	Kohlenstickstoffsäure
47,27 —	104,0	Sauerstoff	3,93 —	9,0	Wasser
100,00 —	220,0	Kohlenstickstoffsäure:	100,00 —	229,0	Kohlenstickstoffs.-Hdr.

Symb. und Aequiv. $C_{12}H_2N_3O_{13}$ oder $\overline{Cz}$ = 220,0 und $C_{12}H_2N_3O_{13}$, HO oder $\overline{Cz}$, Aq = 229. Atom. $C_{12}H_4N_6O_{13}$ und $C_{12}H_4N_6O_{13}$, H_2O.

§. 914. Die Kohlenstickstoffsäure bildet mit den basischen Oxyden die kohlenstickstoffsauren Salze, Carbazotates, deren allgemeine Eigenschaften a. a. O. S. 716 angeführt sind.

Styphninsäure (früher als künstliches Bitter oder künstlicher Gerbstoff bekannt) entsteht bei der Einwirkung der Salpetersäure auf Gummiharze und Farbholzextrakte und ist der Formel $C_{12}H_2N_3O_{15}$, HO entsprechend zusammengesetzt, ist also als eine Oxykohlenstickstoffsäure zu betrachten.

Ueber Chrysanilsäure ($C_{28}H_{11}N_2O_6$ oder $\overline{Cy}$) und Anthranilsäure ($C_{14}H_6NO_3$, HO oder $\overline{An}$, Aq) vergl. Bd. 3, S. 716 und 717.

Chrysamminsäure (vergl. Bd. 3, S. 620).

44,55 —	90,0	Kohlenstoff			
0,99 —	2,0	Wasserstoff	als Hydrat:		
6,93 —	14,0	Stickstoff	95,74 —	202,0	Chrysamminsäure
47,53 —	96,0	Sauerstoff	4,26 —	9,0	Wasser
100,00 —	202,0	Chrysamminsäure:	100,00 —	211,0	Chrysamminsäurehydr.

Symb. und Aequiv. $C_{15}H_2NO_{12}$ oder $\overline{Cym}$ = 202,0 und $C_{15}H_2NO_{12}$, HO oder $\overline{Cym}$, Aq = 211,0. Atom. $C_{15}H_4N_2O_{12}$ und $C_{15}H_4N_2O_{12}$, H_2O.

§. 915. Die Chrysamminsäure bildet mit den basischen Oxyden die chrysamminsauren Salze, Chrysammates, von denen die Salze der Alkalien leicht krystallisirbar und in Wasser löslich, die der Erdalkalien körnig-krystallinisch, das Kupferoxydsalz und Zinkoxydsalz in kochendem Wasser löslich und daraus krystallisirbar, das Blei- und Silbersalz unlöslich sind; alle zeichnen sich durch ihre schönen dunklen Farben aus, verpuffen beim Erhitzen und werden durch Säuren zersetzt.

Die Chrysamminsäure selbst krystallisirt in kleinen, goldgelben, glänzenden Schuppen, verpufft heftig beim Erhitzen, schmeckt bitter, ist wenig in kaltem, mehr in heißem Wasser, leicht in Weingeist, Aether, heißer Salpetersäure und anderen Mineralsäuren löslich, und wird durch Chlor, so wie durch erhitzte Kalilauge zersetzt.

Chrysolepinsäure (vergl. Bd. 3, S. 620).

32,73 — 72,0	Kohlenstoff			
0,91 — 2,0	Wasserstoff		als Hydrat:	
19,09 — 42,0	Stickstoff		96,07 — 220,0	Chrysolepinsäure
47,27 — 104,0	Sauerstoff		3,93 — 9,0	Wasser
100,00 — 220,0	Chrysolepinsäure:		100,00 — 229,0	Chrysolepinsäurehydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{12}H_2N_3O_{13}$ oder $\overline{Cyl} = 220,0$ und $C_{12}H_2N_3O_{13}, HO$ oder $\overline{Cyl}, Aq = 229,0$. Atom. $C_{12}H_4N_6O_{13}$ und $C_{12}H_4N_6O_{13}, H_2O$.

§. 916. Die Chrysolepinsäure bildet mit den basischen Oxyden die chrysolepinsauren Salze, Chrysolepales, die, obgleich die Säure die Zusammensetzung der Kohlenstickstoffsäure hat, sich doch wesentlich von den kohlenstickstoffsauren Salzen unterscheiden; besonders ist das Kalisalz weit löslicher. Sie verpuffen beim Erhitzen mit derselben Heftigkeit, wie die kohlenstickstoffsauren Salze. Die heiße concentrirte Lösung eines Alkalisalzes giebt mit essigsaurem Bleioxyd gelbe, stark glänzende Krystallblätter, welche eine Verbindung des basischen Bleisalzes mit essigsaurem Bleioxyd ($3\,PbO, 2\,\overline{Cyl} + PbO, \overline{A}$) sind.

Die Chrysolepinsäure selbst krystallisirt in schönen goldgelben Schuppen und Blättern, schmilzt beim Erhitzen in einer Röhre und verflüchtigt sich bei höherer Temperatur in stechenden, die Lunge reizenden Dämpfen, wird aber beim stärkern Erhitzen plötzlich und mit heftiger Explosion zersetzt, schmeckt sehr bitter, löst sich wenig in kaltem, mehr in heißem Wasser und in verdünnter Salpetersäure.

C. Von den organischen Basen.

§. 917. Unter organischen Basen wird im engeren Sinn eine Klasse stickstoffhaltiger Körper begriffen, welche die Eigenschaft haben, sich mit den Säuren wie Metalloxyde zu Salzen zu verbinden, die neutraler, saurer oder basischer Natur sind. Da sich nun der größte Theil dieser Körper in Pflanzentheilen und Pflanzensäften fertig gebildet finden, so werden sie auch vegetabilische Basen oder Pflanzenbasen und diejenigen, welche in der wässerigen oder weingeistigen Lösung Curcumäpapier braun oder geröthetes Lakmus wieder blau färben, organische Alkalien oder Alkaloïde genannt. (Einige, auf dem Wege der Kunst erzeugte, stickstoffhaltige Körper haben ebenfalls die Eigenschaft, sich gleich den Pflanzenbasen mit den Säuren zu Salzen zu verbinden, und werden deßhalb zu den organischen Basen gerechnet.) Die Pflanzenbasen finden sie niemals frei in Pflan-

zentheilen, sondern immer an Säuren, und namentlich an Aepfelsäure, Milchsäure, Gerbsäure oder eine der Pflanze eigenthümliche Säure gebunden.

Die Auffindung organischer Verbindungen mit Eigenschaften der basischen Oxyde ist ein Ergebniß der neueren Zeit. Obgleich man schon früher angenommen hatte, daß in den verschiedenen stark wirkenden vegetabilischen Substanzen ein eigenthümlicher Bestandtheil enthalten sein müsse, welcher die charakteristischen Wirkungen dieser Substanzen bedinge, so konnten doch die über das Opium (aus welchem schon mehrere Chemiker des achtzehnten Jahrhunderts ein krystallisirbares Salz dargestellt haben) von Derosne im Jahr 1803, von Sertürner im Jahr 1806 und von Seguin im Jahr 1814 publicirten Abhandlungen, so wie die über die Chinarinden 1791 von Fourcroy, 1806 von Vauquelin und 1811 von Gomes gemachten Beobachtungen (trotz der von Sertürner gemachten Angabe von dem Vorhandensein eines krystallisirbaren Körpers in dem Opium, welcher mit Säuren salzartige Körper zu bilden scheine, Seguin aber 1814 von der alkalischen Beschaffenheit und Krystallisationsfähigkeit des aus Opiumextrakt durch Alkalien erhaltenen Niederschlages Mittheilungen machte) nicht die Aufmerksamkeit der Chemiker jener Zeit erregen, da die damals stattfindenden Arbeiten über die Zerlegung unorganischer Alkalien das Interesse so vielfach in Anspruch nahmen. Erst die im Jahr 1817 von Sertürner publicirte Abhandlung „über das Morphium, eine neue salzfähige Grundlage, und die Mekonsäure, als Hauptbestandtheile des Opiums,“ in welcher die Darstellung des Morphiums beschrieben und seine basischen Eigenschaften bewiesen wurden, erregte eine größere Aufmerksamkeit der Chemiker, und schon in demselben Jahre berichtigte Robiquet die Angabe Sertürner's, daß das Derosne'sche Salz mekonsaures Morphium sei, durch die Entdeckung einer zweiten Pflanzenbase im Opium (Narkotin), aus welcher jenes Salz bestehe. Von nun an aber beschäftigten sich mehrere Chemiker, namentlich aber Pelletier und Caventou, mit der Untersuchung von Pflanzentheilen in Beziehung zur Auffindung vegetabilischer Salzbasen, und bald waren das Strychnin, Brucin, Chinin, Cinchonin, Veratrin u. s. w. entdeckt. Viele dieser Körper haben sich als wirkliche Salzbasen ergeben, während aber auch eine große Zahl derselben entweder noch als problematisch zu betrachten, oder in andere Klassen organischer Körper verwiesen worden sind.

§. 918. Die meisten organischen Basen sind krystallisirbar, nur wenige tropfbar-flüssig (einige kennt man nur pulverförmig oder gummiartig, vielleicht durch eine Verunreinigung bedingt); sie haben einen sehr bitteren oder scharfen Geschmack, nur wenige aber Geruch, sind flüchtig oder nicht flüchtig, lösen sich nur wenig in Wasser, leicht in (mehrere nur in heißem) Weingeist, einige auch in Aether, und färben in diesen Lösungen geröthetes Lakmus blau, Curcumäpapier braun und Veilchensaft grün. Alle enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, die meisten auch Sauerstoff, das Thiosinammin, Thialdin und Selenaldin statt des Sauerstoffes Schwefel oder Selen.

Die Darstellung der Pflanzenbasen richtet sich nach dem Zustand und den Eigenschaften, die sie besitzen. Sind sie in Wasser unlöslich, so werden die Pflanzentheile mit einer verdünnten Säure, die mit der Pflanzenbase ein lösliches Salz bildet, behandelt, wobei man auf folgende Weise verfährt: Die gehörig zerkleinerten Pflanzenstoffe werden im Kleinen

mit Schwefelsäure- oder Salzsäure-haltigem Wasser wiederholt ausgekocht, bis der letzte Auszug keine nachweisbaren Spuren der Base mehr enthält, im Großen aber durch die sogen. Deplacirmethode mit saurem, zuletzt mit reinem Wasser ausgezogen und der zweite, dritte u. s. w. Aufguß zum Ausziehen frischer Pflanzenstoffe benutzt, um möglichst concentrirte Auszüge zu erhalten. Diese werden entweder sogleich oder nach hinreichender Concentration durch Verdunsten mit einem reinen oder kohlensauren Alkali vermischt, und die hierbei sich abscheidende, meist stark gefärbte Pflanzenbase entweder, wenn sie in kaltem und heißem Weingeist ungleich löslich ist, durch wiederholte Krystallisation aus Weingeist, oder durch Sättigen mit einer Säure, Behandeln der Salzlösung mit Thierkohle, mehrmaliges Umkrystallisiren aus Wasser und Fällung der Lösung mit einem Alkali rein erhalten. — Die flüchtigen Pflanzenbasen werden auf die Weise erhalten, daß man den Pflanzentheil mit saurem Wasser auskocht, den Auszug zur Syrupsconsistenz verdunstet und mit starker Kalilauge vermischt der Destillation unterwirft; das sehr ammoniakreiche Destillat der Pflanzenbase wird mit verdünnter Schwefelsäure oder Oxalsäure neutralisirt, die Flüssigkeit zur Trockne verdampft, der Rückstand mit kaltem Weingeist ausgezogen (wobei die Ammoniaksalze ungelöst bleiben), die weingeistige Lösung verdunstet, der Rückstand in einem verschließbaren Gefäß mit dem halben Volumen starker Kalilauge, und dann mit dem gleichen Volumen Aether vermischt und die obere Schicht der Destillation unterworfen, wobei anfangs der Aether mit dem Rückhalt von Ammoniak, später die reine Pflanzenbase überdestillirt. — Auf eine ähnliche Weise werden die in Wasser und Aether löslichen Pflanzenbasen erhalten, indem man den sauren Auszug der Pflanzentheile eindampft, mit Kalilauge und Aether vermischt und die ätherische Schicht, welche die ganze Menge der Pflanzenbase aus der wässerigen Flüssigkeit aufgenommen hat, durch Destillation verdampft.

§. 919. Die organischen Basen bedürfen einer geringen Quantität einer Säure, um davon neutralisirt und in ein Salz verwandelt zu werden. Ihre Sättigungscapacität ist nicht, wie bei den unorganischen Basen, durch den Gehalt an Sauerstoff bedingt (denn im geraden Gegensatz zu den unorganischen Basen nimmt die Menge einer Säure, die zur Sättigung der Pflanzenbasen erforderlich ist, nicht mit deren größerem Gehalt an Sauerstoff zu, da die sauerstofffreien Basen im Verhältniß zu sauerstoffhaltigen Basen eine größere Menge einer Säure zur Sättigung bedürfen, und umgekehrt die sauerstoffhaltigen Basen um so weniger, je mehr sie Sauerstoff enthalten), sondern hängt von dem Stickstoff ab, so daß (wie im Ammoniak) 1 Aequiv. Stickstoff in der Base 1 Aequiv. Säure zur Sättigung der Base verlangt. Die Sauerstoffsalze der organischen Basen enthalten stets, wie die Ammoniaksalze, 1 Aequiv. Wasser, welches in der Base als Hydratwasser enthalten war und ohne Zersetzung des Salzes nicht abgeschieden werden kann. Die von dem Wasser befreiten organischen Basen verbinden sich unmittelbar und ohne etwas abzugeben mit den wasserfreien Wasserstoffsäuren, und die entstehenden Salze können sich, gleich dem Chlorammonium, mit Quecksilberchlorid oder Platinchlorid zu schwer- oder unlöslichen Doppelsalzen verbinden. Es ist hiernach sehr wahrscheinlich, daß die organischen Basen Ammoniak mit dem Oxyde eines binären Radikals als Paarling verbunden sind. Die neutralen Salzlösungen der organischen Basen werden durch Eisengerbsäure oder Galläpfelauszug weiß gefällt; die Niederschläge sind saure gerbsaure

Salze und in Weingeist löslich, und gehen an der Luft durch Sauerstoffaufnahme in lösliche gallussaure Salze über.

Mit den elektronegativen Elementen gehen die organischen Basen keine Verbindungen ein; von vielen derselben, wie durch Chlor, werden sie zersetzt und mit Jod vereinigen sie sich nur in der Weise, daß eine Verbindung von Jod mit der iodwasserstoffsauren Base entsteht. Durch concentrirte Salpetersäure werden die organischen Basen größtentheils in Oxalsäure und Kohlenstickstoffsäure verwandelt (Brucin wird durch Salpetersäure sogleich blutroth, Morphin rosenroth gefärbt). Einige Pflanzenbasen sind auch in Alkalien löslich, alle werden aber durch Schmelzen mit Kalihydrat unter Einwirkung von Ammoniak, bei niedriger Temperatur (100°) unter Bildung von Chinolin zersetzt.

§. 920. Eine strenge systematische Eintheilung der organischen Basen ist eben so schwierig, wie die der organischen Säuren. Die gewöhnliche Eintheilung in flüchtige und nicht flüchtige Alkaloide ist nicht entsprechend, da es sehr wahrscheinlich ist, daß sich die meisten, wenn nicht alle organischen Basen unter gewissen Umständen ganz oder wenigstens theilweise verflüchtigen lassen (wie z. B. das in den meisten Lehrbüchern unter die nicht flüchtigen Alkaloide gerechnete Chinin zum großen Theil unzersetzt verflüchtigt wird). Im Nachstehenden sind diese Körper in sauerstofffreie und sauerstoffhaltige organische Basen eingetheilt, jedoch sind die natürlich vorkommenden so viel als möglich nach ihrer Abstammung geordnet.

Uebersicht der Symbole für die organischen Basen.*)

$\overset{+}{A} = C_{12} H_7 N$ Anilin;

$\overset{+}{Ac}$ — ? Aconitin;

$\overset{+}{Ar} = C_{20} H_{12} N O_3$ Aricin;

$\overset{+}{At} = C_{34} H_{23} N O_6$ Atropin;

$\overset{+}{Be} = C_{33} H_{18} N O_{12}$ Berberin;

$\overset{+}{Br} = C_{46} H_{26} N_2 O_8$ Brucin;

$\overset{+}{Cf} = C_8 H_5 N_2 O_2$ Caffeïn;

$\overset{+}{Ch} = C_{20} H_{12} N O_2$ Chinin;

$\overset{+}{Chl} = C_{40} H_{20} N_3 O_6$ Chelidonin;

$\overset{+}{Chn} = C_{19} H_8 N$ Chinolin;

$\overset{+}{Chr}$ — ? Chelerythrin;

$\overset{+}{Ci} = C_{20} H_{12} N O$ Cinchonin;

$\overset{+}{Civ} = C_{46} H_{26} N_2 O_4$ Cinchovatin;

*) Es sind hier und in Nachstehendem bloß diejenigen organischen Basen aufgeführt, die elementarisch zerlegt und (oder wenigstens in ihren Salzen) genauer untersucht sind; in Beziehung auf die übrigen Basen wird auf den dritten Band verwiesen.

$\overset{+}{\mathrm{Cl}}$ — ? Colchicin;

$\overset{+}{\mathrm{Cn}} = C_{16} H_{16} N$ Coniin;

$\overset{+}{\mathrm{Co}} = C_{35} H_{20} N O_5$ Codeïn;

$\overset{+}{\mathrm{Ct}} = C_{26} H_{13} N O_5$ Cotarnin;

$\overset{+}{\mathrm{Cu}}$ — ? Curarin;

$\overset{+}{\mathrm{Da}}$ — ? Daturin;

$\overset{+}{\mathrm{De}} = C_{27} H_{19} N O_2$ Delphinin;

$\overset{+}{\mathrm{Em}} = C_{37} H_{27} N O_{10}$ Emetin;

$\overset{+}{\mathrm{Gl}}$ — ? Glaucin;

$\overset{+}{\mathrm{Glp}}$ — ? Glaucopicrin;

$\overset{+}{\mathrm{Hr}} = C_{24} H_{13} N_2 O$ Harmalin;

$\overset{+}{\mathrm{Hy}}$ — ? Hyoscyamin;

$\overset{+}{\mathrm{Ja}}$ — ? Jamaicin;

$\overset{+}{\mathrm{Je}} = C_{60} H_{45} N_2 O_5$ Jervin;

$\overset{+}{\mathrm{Lk}} = C_{18} H_8 N$ Leukolin,

$\overset{+}{\mathrm{Me}} = C_{18} H_{12} N O_2$ Menispermin;

$\overset{+}{\mathrm{Mo}} = C_{35} H_{20} N O_6$ Morphin;

$\overset{+}{\mathrm{Na}} = C_{40} H_{20} N O_{12}$ Narkotin:

$\overset{+}{\mathrm{Ni}} = C_{10} H_8 N$ Nicotin;

$\overset{+}{\mathrm{Ox}}$ — ? Oxyacanthin;

$\overset{+}{\mathrm{Pi}} = C_{34} H_{19} N O_6$ Piperin;

$\overset{+}{\mathrm{Psm}} = C_{27} H_{18} N O_{14}$ Pseudomorphin;

$\overset{+}{\mathrm{Sa}} = C_{20} H_{13} N O_5$ Sabadillin;

$\overset{+}{\mathrm{Sg}} = C_{37} H_{16} N O_8$ Sanguinarin;

$\overset{+}{\mathrm{Sn}} = C_4 H_3 N$ Sinammin:

$\overset{+}{\mathrm{So}} = C_{84} H_{73} N O_{28}$ Solanin;

$\overset{+}{\mathrm{Sp}} = C_{14} H_{12} N_2 O_2$ Sinapolin;

$\overset{+}{\mathrm{Sr}}$ — ? Stramonin:

$\overset{+}{\mathrm{St}} = C_{44} H_{22} N_2 O_4$ Strychnin;

$\overset{+}{Su}$ — ? Surinamin;
$\overset{+}{Th} = C_{25}H_{14}NO_5$ Thebaïn;
$\overset{+}{Thb} = C_9H_5N_3O_2$ Theobromin;
$\overset{+}{Ths} = C_8H_8N_2S_2$ Thiosinammin;
$\overset{+}{Ur} = C_2H_4N_2O_2$ Ureïn (Harnstoff);
$\overset{+}{Ve} = C_{34}H_{22}NO_6$ Veratrin.

1) Sauerstofffreie organische Basen.

Anilin (vergl. Bd. 3, S. 615).

76,99	—	72,0	Kohlenstoff
7,53	—	7,0	Wasserstoff
15,48	—	14,0	Stickstoff
100,00	—	93,0	Anilin.

Symb. und Aequiv. $C_{12}H_7N$ oder $\overset{+}{A} = 93{,}0$. Atom. $C_{12}H_{14}N_2$.

§. 921. Das Anilin ist eine ziemlich starke Salzbasis und bildet mit den Säuren die Anilinsalze, Sales anilici, welche leicht löslich und zum Theil schön krystallisirbar sind und mit wässeriger Chromsäure einen tief schwarzblauen, chromoxydhaltigen Niederschlag geben.

Chinolin (vergl. Bd. 3, S. 617).

83,82	—	114,0	Kohlenstoff
6,69	—	8,0	Wasserstoff
9,49	—	14,0	Stickstoff
100,00	—	136,0	Chinolin.

Symb. und Aequiv. $C_{19}H_8N$ oder $\overset{+}{Chn} = 136{,}0$. Atom. $C_{19}H_{16}N_2$.

§. 922. Das Chinolin bildet mit den Säuren die Chinolinsalze, Sales chinolici, welche krystallisirbar, geruchlos und von bitterem Geschmack sind und sich in Wasser lösen.

Nach Laurent wird die Zusammensetzung des Chinolins durch die Formel $C_{18}H_7N$ ausgedrückt.

Coniin (vergl. Bd. 3, S. 565 ff.).

76,19	—	96,0	Kohlenstoff
12,70	—	16,0	Wasserstoff
11,11	—	14,0	Stickstoff
100,00	—	126,0	Coniin.

Symb. und Aequiv. $C_{16}H_{16}N$ oder $\overset{+}{Cn} = 126{,}0$. Atom. $C_{16}H_{32}N_2$.

§. 923. Das Coniin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Coniinsalze, Sales coniici, welche nur zum Theil und schwierig krystallisirbar sind, an der Luft schnell zerfließen, trocken keinen Geruch haben, feucht aber schwach nach Coniin riechen, höchst scharf und widerlich schmecken und in Wasser, Weingeist und Aetherweingeist, aber nicht in reinem Aether sich lösen; sie entwickeln in Berührung mit Alkalien den widerlichen Coniingeruch und werden in der Hitze zersetzt. Die wässerigen Lösungen werden durch Jodtinktur stark, aber schnell vorübergehend safrangelb getrübt, durch Gallus-

Tinktur flockig gefällt und beim Erwärmen unter Zutritt der Luft verdunkelt, wobei sich unter Abscheidung brauner Flocken ein Ammoniaksalz bildet und nun die Flüssigkeit bei Zusatz von Alkali neben unzersetztem Coniin und Ammoniak eine dunkelbraune, harzähnliche, geruchlose, bitter schmeckende, nicht giftig wirkende Substanz abscheidet, die in um so größerer Menge auftritt, je weiter die Zersetzung des Coniins vorgeschritten ist.

Leukolin (vergl. Bd. 3, S. 1120).

83,08	— 108,0	Kohlenstoff
6,16	— 8,0	Wasserstoff
10,76	— 14,0	Stickstoff
100,00	— 130,0	Leukolin.

Symb. und Aequiv. $C_{18} H_8 N$ oder $\overset{+}{L} = 130{,}0$.

§. 924. Das Leukolin ist eine starke Base und bildet mit den Säuren die Leukolinsalze, Sales leucolici, die weniger leicht krystallisirbar sind, als die Anilinsalze.

Das Picolin ist eine andere, von Anderson im Steinkohlentheer entdeckte Base, die zwar die Zusammensetzung des Anilins ($C_{12} H_7 N$) hat, aber in den Eigenschaften sich wesentlich davon unterscheidet.

Sinammin (vergl. Bd. 3, S. 617).

58,54	— 24,0	Kohlenstoff
7,32	— 3,0	Wasserstoff
34,14	— 14,0	Stickstoff
100,00	— 41,0	Sinammin.

Symb. und Aequiv. $C_4 H_3 N$ oder $\overset{+}{Sn} = 41{,}0$. Atom. $C_4 H_6 N_2$.

§. 925. Das Sinammin ist eine starke Basis (es zersetzt Ammoniaksalze und fällt Eisenoxyd-, Bleioxyd-, Silberoxyd- und Kupferoxydsalze) und bildet mit den Säuren die Sinamminsalze, Sales sinammici, die jedoch nicht krystallisirbar sind und salpetersaures Silberoxyd, Platinchlorid und und Quecksilberchlorid fällen.

Das Thiosinammin ($C_8 H_8 N_2 S_2$ oder $\overset{+}{Ths} = 116{,}0$) verbindet sich mit salzsaurem Gas, bildet aber mit den übrigen Säuren keine krystallisirbare Salze; das salzsaure Salz verbindet sich mit Platinchlorid und Quecksilberchlorid (vergl. Bd. 3, S. 616).

Thialdin ($C_{12} H_{12} N S_4$) und Selenaldin sind zwei basische Körper, die sich nach Wöhler und Liebig bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoff oder Selenwasserstoff auf in Weingeist gelöstes Aldehydammoniak bilden.

Nicotin (vergl. Bd. 3, S. 577 ff.).

73,17	— 60,0	Kohlenstoff
9,76	— 8,0	Wasserstoff
17,07	— 14,0	Stickstoff
100,00	— 82,0	Nicotin.

Symb. und Aequiv. $C_{10} H_8 N$ oder $\overset{+}{Ni} = 82{,}0$. Atom. $C_{10} H_{16} N_2$.

§. 926. Das Nicotin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Nicotinsalze, Sales nicotici, welche nur zum Theil und schwierig krystallisirbar, aber sämmtlich auflöslich in Wasser und Weingeist sind.

Amarin ($C_{42} H_{18} N_2$) und Lophin ($C_{42} H_{16} N_2$) sind zwei basische Körper,

welche sich nach Laurent bei der Einwirkung von Ammoniak auf Bittermandelöl bilden.

Toluidin, $C_{14}H_9N$ (Muspratt und Hofmann), Benzidin, $C_{12}H_6N$ (Zinin) und Seminaphthalidamin, $C_{10}H_5N$ (Zinin) bilden sich bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas auf mit Ammoniak gesättigtem Weingeist gelöstes Nitrobenzoën, Azobenzid und Nitronaphthales und sind, wie das Bd. 3, S. 1109 beschriebene Naphthalidamin, $C_{20}H_9N$, stark basische Körper, welche mit den Säuren krystallisirbare Salze geben.

2) Sauerstoffhaltige organische Basen.

a. Alkaloide aus dem Opium.

Morphin (vergl. Bd. 3, S. 524—533).

71,91	—	210,0	Kohlenstoff
6,81	—	20,0	Wasserstoff
4,80	—	14,0	Stickstoff
16,48	—	48,0	Sauerstoff
100,00	—	292,0	Morphin.

Symb. und Aequiv. $C_{35}H_{20}NO_6$ oder $\overset{+}{Mo}$ = 292,0. Atom. $C_{35}H_{40}N_2O_6$.

§. 927. Das Morphin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Morphinsalze, Sales morphici, welche meist krystallisirbar und leicht löslich in Wasser und Weingeist, unlöslich in Aether sind, widerlich bitter, den Krähenaugen ähnlich schmecken und narkotisch, in wenig bedeutenden Gaben giftig und selbst tödtlich wirken; sie werden in der Hitze zersetzt, durch Eisenchlorid blau gefärbt und durch Salpetersäure geröthet. Die Lösungen werden durch Jodsäure unter Freiwerden von Jod kermesartig und ähnlich durch Jodtinktur gefällt, färben im sehr verdünnten Zustand das Goldchlorid blau und die violette Lösung des übermangansauren Kalis vorübergehend grün, schwärzen nach einiger Zeit Silberauflösungen und werden im nicht zu verdünnten Zustande durch Platinchlorid, Jodkalium und Chlornatrium weiß, aber gar nicht durch Rhodankalium gefällt; ätzende Alkalien scheiden aus ihnen das Morphin als ein weißes Pulver oder im krystallinischen Zustand ab.

Laurent nimmt an, daß die Zusammensetzung des Morphins durch die Formel $C_{34}H_{19}NO_7$ ausgedrückt werden könne.

Codeïn (vergl. Bd. 3, S. 535).

70,43	—	210,0	Kohlenstoff
7,01	—	20,0	Wasserstoff
4,93	—	14,0	Stickstoff
17,63	—	40,0	Sauerstoff
100,00	—	284,0	Codeïn.

Symb. und Aequiv. $C_{35}H_{20}NO_5$ oder $\overset{+}{Co}$ = 284,0. Atom. $C_{35}H_{40}N_2O_5$.

§. 928. Das Codeïn sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Codeïnsalze, Sales codeïci, welche zum Theil leicht krystallisirbar sind; die Lösungen werden nicht durch die bei den Morphinsalzen angegebenen Reagentien verändert, aber dagegen stark von Galläpfeltinktur und Rhodankalium gefällt.

Diese beiden Alkaloide des Opiums stehen in Beziehung auf ihre chemische

Constitution in einem engen Zusammenhang, da sie sich nur durch ihren Sauerstoffgehalt unterscheiden. Nach Gerhardt ist jedoch das Codeïn der Formel $C_{36}H_{20}NO_6$, 2 HO entsprechend zusammengesetzt.

Narkotin (vergl. Bd. 3, S. 533).

64,89	—	240,0	Kohlenstoff
5,41	—	20,0	Wasserstoff
3,80	—	14,0	Stickstoff
25,90	—	96,0	Sauerstoff
100,00	—	370,0	Narkotin.

Symb. und Aequiv. $C_{40}H_{20}NO_{12}$ oder $\overset{+}{Na} = 370{,}0$. Atom. $C_{40}H_{40}N_2O_{12}$.

§. 929. Das Narkotin bildet mit den Säuren die Narkotinsalze, Sales narcotici, die aber immer sauer reagiren und, wenn die Säure eine schwache flüchtige ist, diese beim Verdunsten verlieren; sie sind nur schwierig krystallisirbar, bilden meist harte, durchscheinende Massen, schmecken sehr bitter und viele sind in Wasser und Weingeist löslich; die Lösungen werden durch Galläpfeltinktur in starken, weißen, käsigen Flocken, aber nicht durch Rhodankalium, und die salzsaure Auflösung durch die Chloride des Quecksilbers, Goldes und Platins als Doppelverbindungen gefällt.

Nach Blyth und Laurent ist die Zusammensetzung des Narkotins durch die Formel $C_{46}H_{25}NO_{14}$ auszudrücken.

Das Thebaïn ($C_{25}H_{14}NO_5$ oder $\overset{+}{Th} = 218{,}0$) bildet mit den Säuren die Thebaïnsalze, Sales thebaici, welche krystallisirbar sind und in den Lösungen durch Alkalien gefällt werden; es soll neben einem neutralen auch ein saures salzsaures Salz bestehen.

Das Pseudomorphin ($C_{27}H_{18}NO_{14}$ oder $\overset{+}{Psm} = 290{,}0$) bildet mit den Säuren Salze, von denen nur das schwefelsaure bis jetzt bekannt ist.

Das Narceïn ($C_{28}H_{20}NO_{12}$) löst sich zwar in verdünnten Säuren, sättigt aber dieselben nicht und scheidet sich beim Verdampfen dieser Lösungen rein wieder ab (vergl. ein Weiteres über Thebaïn, Pseudomorphin und Narceïn Bd. 3, S. 536 und 537).

b. Alkaloide der Chinarinden.

Chinin (vergl. Bd. 3, S. 542—548).

74,05	—	120,0	Kohlenstoff				
7,40	—	12,0	Wasserstoff	als Hydrat:			
8,64	—	14,0	Stickstoff	94,74	—	162,0	Chinin
9,91	—	16,0	Sauerstoff	5,26	—	9,0	Wasser
100,00	—	162,0	Chinin:	100,00	—	171,0	Chininhydrat.

Symb. und Aequiv. $C_{20}H_{12}NO_2$ oder $\overset{+}{Ch} = 162{,}0$ und $C_{20}H_{12}NO_2$, HO oder $\overset{+}{Ch}$, Aq. $= 171{,}0$. Atom. $C_{20}H_{24}N_2O_2$ und $C_{20}H_{24}N_2O_2$, H_2O.

§. 930. Das Chinin bildet mit den Säuren zwei Reihen von Chininsalzen, Sales chinici, von denen die mit zwei Aequiv. Basis (auf 1 Aequiv. Säure) neutral, die aus gleichen Aequiv. Basis und Säure bestehenden aber sauer sind. Die Salze sind meist krystallisirbar und in Wasser (jedoch schwieriger als Cinchoninsalze) und leicht in Weingeist löslich, schmecken äußerst bitter und färben sich am Sonnenlicht zum Theil gelb und

braun. Die wässerigen Lösungen werden durch Alkalien unter Abscheidung von Chinin zersetzt, durch Galläpfeltinktur stark weiß gefällt, durch Jodtinktur braun, durch salpetersaures Quecksilberoxyd und Silberoxyd weiß, durch Goldchlorid gelblich-weiß und durch Platinchlorid gelblich getrübt und durch Rhodankalium nach einiger Zeit grüngelb niedergeschlagen und färben die violette Lösung des übermangansauren Kalis schön grün; durch einige Tropfen Schwefelsäure werden sie blau gefärbt, welche Färbung durch Einleiten von Chlorgas und Zusatz von Ammoniak in's Grüne, bei mehr Chlor in's Braune übergeht.

Nach Gerhardt ist die Zusammensetzung des Chinins durch die Formel $C_{40}H_{28}N_2O_4$, nach Laurent aber durch die Formel $C_{38}H_{22}N_2O_4$ auszudrücken.

Cinchonin (vergl. Bd. 3, S. 548—552).

77,92 —	120,0	Kohlenstoff
7,79 —	12,0	Wasserstoff
9,10 —	14,0	Stickstoff
5,19 —	8,0	Sauerstoff
100,00 —	154,0	Cinchonin.

Symb. und Aequiv. $C_{20}H_{12}NO$ oder $\overset{+}{Ci} = 154{,}0$. Atom. $C_{20}H_{24}N_2O$.

§. 931. Das Cinchonin bildet ebenfalls mit den Säuren zwei Reihen von Cinchoninsalzen, Sales cinchonici, von denen die mit zwei Aequiv. Basis auf 1 Aequiv. Säure neutral, die aus gleichen Aequiv. bestehenden aber sauer sind; sie sind meist krystallisirbar und in der Regel mehr in Wasser und Weingeist, als die Chininsalze, aber nicht in Aether löslich und haben einen sehr bittern Geschmack. Die Lösungen werden durch Alkalien und Galläpfeltinktur reichlich weiß, durch Goldchlorid und Platinchlorid gelb, aber nicht durch Quecksilber- und Silbersalze gefällt, durch Jodtinktur braun getrübt und färben die violette Lösung des übermangansauren Kalis grün.

Nach Regnault und Gerhardt ist die Formel für das Cinchonin zu verdoppeln, nach Laurent aber durch $C_{38}H_{22}N_2O_2$ auszudrücken.

Aricin (vergl. Bd. 3, S. 552).

70,60 —	120,0	Kohlenstoff
7,06 —	12,0	Wasserstoff
8,24 —	14,0	Stickstoff
14,10 —	24,0	Sauerstoff
100,00 —	170,0	Aricin

Symb. und Aequiv. $C_{20}H_{12}NO_3$ oder $\overset{+}{Ar} = 170{,}0$. Atom. $C_{20}H_{24}N_2O_3$.

§. 932. Das Aricin bildet, analog dem Chinin und Cinchonin, mit den Säuren zwei Reihen von Aricinsalzen, Sales aricici, welche in Wasser und Weingeist löslich, in Aether unlöslich, krystallisirbar und von bitterem Geschmack sind und sich von den Chininsalzen und Cinchoninsalzen insbesondere dadurch unterscheiden, daß sie von Salpetersäure, je nach deren Concentrationszustand, mehr oder minder grün gefärbt werden.

Diese drei Chininalkaloide stehen in Beziehung auf ihre chemische Zusammensetzung in einem sehr engen Zusammenhang, da sie sich nur durch den Sauerstoffgehalt unterscheiden, denn:

$C_{20}H_{12}NO$ = Cinchonin;
$C_{20}H_{12}NO_2$ = Chinin;
$C_{20}H_{12}NO_3$ = Aricin.

Cinchovatin ($C_{46}H_{27}N_2O_8$ oder $\overset{+}{Civ} = 395{,}0$) soll nach neueren Untersuchungen mit dem Aricin identisch sein und letzteres die eben angeführte Zusammensetzung haben (vergl. Bd. 3, S. 606).

c. Alkaloide von Veratrum und verwandten Gattungen.

Veratrin (vergl. Bd. 3, S. 589—593).

70,83	—	204,0	Kohlenstoff
7,64	—	22,0	Wasserstoff
4,94	—	14,0	Stickstoff
16,59	—	48,0	Sauerstoff
100,00	—	288,0	Veratrin.

Symb. und Aequiv. $C_{34}H_{22}NO_6$ oder $\overset{+}{Ve} = 288{,}0$. Atom. $C_{34}H_{44}N_2O_6$.

§. 933. Das Veratrin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die **Veratrinsalze**, Sales veratrici, welche krystallisirbar und in Wasser und Weingeist löslich sind und brennend scharf schmecken. Die Lösungen werden durch Alkalien und Rhodankalium sogleich pulverförmig gefällt.

Sabadillin (vergl. Bd. 3, S. 593).

64,17	—	120,0	Kohlenstoff				
6,95	—	13,0	Wasserstoff	krystallisirt			
7,46	—	14,0	Stickstoff	90,73	—	187,0	Sabadillin
21,42	—	40,0	Sauerstoff	9,27	—	18,0	Wasser
100,00	—	187,0	Sabadillin:	100,00	—	205,0	kryst. Sabadillin.

Symb. und Aequiv. $C_{20}H_{13}NO_5$ oder $\overset{+}{Sa} = 187{,}0$ und $C_{20}H_{13}NO_5, 2HO$ oder $\overset{+}{Sa}, Aq._2 = 205{,}0$. Atom. $C_{20}H_{26}N_2O_5$ und $C_{20}H_{26}N_2O_5, 2H_2O$.

§. 934. Das Sabadillin bildet mit den Säuren die **Sabadillinsalze**, Sales sabadillici, welche meist krystallisirbar und in Wasser löslich sind und durch Alkalien gefällt werden.

Jervin (vergl. Bd. 3, S. 593).

76,11	—	360,0	Kohlenstoff
9,51	—	45,0	Wasserstoff
5,92	—	28,0	Stickstoff
8,46	—	40,0	Sauerstoff
100,00	—	473,0	Jervin.

Symb. und Aequiv. $C_{60}H_{45}N_2O_5$ oder $\overset{+}{Je} = 473{,}0$. Atom. $C_{60}H_{90}N_4O_5$.

§. 935. Das Jervin bildet mit den Säuren die **Jervinsalze**, Sales jervici, welche meist in Wasser und Säuren schwer löslich sind; nur das essigsaure Salz löst sich leicht in Wasser und die Lösung wird sowohl durch Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure, als auch durch Alkalien gefällt.

Das **Colchicin**, $\overset{+}{Cl}$ (vergl. Bd. 3, S. 563), bildet mit den Säuren die **Colchicinsalze**, Sales colchici, welche zum Theil krystallisirbar, luftbeständig und sämmtlich leicht in Wasser und Weingeist löslich sind, äußerst bitter, dann kratzend schmecken und Brechen- und Purgiren-erregend, leicht giftig und selbst tödtlich wirken. Die wässerigen Lösungen werden durch Jodtinktur schön kermesfarben verdickt, durch

Gallustinktur in weißen Flocken, aber nicht durch Platinchlorid gefällt und lassen nur im concentrirten Zustand auf Zusatz von Alkalien Colchicin fallen.

d. Alkaloide der Strychnos-Arten.

Strychnin (vergl. Bd. 3, S. 583—589).

75,86	264,0	Kohlenstoff
6,90	24,0	Wasserstoff
8,05	28,0	Stickstoff
9,19	32,0	Sauerstoff
100,00	348,0	Strychnin.

Symb. und Aequiv. $C_{44}H_{24}N_2O_4$ oder $\overset{+}{St} = 348,0$. Atom. $C_{44}H_{48}N_4O_4$.

§. 936. Das Strychnin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Strychninsalze, Sales strychnici, welche meist krystallisirbar, einige auch flüchtig, und sämmtlich leicht in Wasser und Weingeist, nicht in Aether löslich sind, überaus bitter schmecken und äußerst giftig wirken. Die Lösungen werden durch Chlor stark getrübt, durch chlorsaures Kali und Jodkalium weiß, durch Goldchlorid und Platinchlorid gelb, durch Rhodanwasserstoffsäure weiß krystallinisch und durch Gallustinktur stark gefällt und lassen auf Zusatz von Alkalien das Strychnin krystallinisch fallen; es können auch krystallisirbare saure Salze bestehen.

Brucin (vergl. Bd. 3, S. 560—562).

70,05	276,0	Kohlenstoff				
6,60	26,0	Wasserstoff	krystallisirt:			
7,11	28,0	Stickstoff		82,95	394,0	Brucin
16,24	64,0	Sauerstoff		17,05	81,0	Wasser
100,00	394,0	Brucin:		100,00	475,0	kryst. Brucin.

Symb. und Aequiv. $C_{46}H_{26}N_2O_8$ oder $\overset{+}{Br} = 394,0$ und $C_{46}H_{26}N_2O_8, 9\,HO$ oder $Br, Aq._9 = 475,0$. Atom $C_{46}H_{52}N_4O_8$ und $C_{46}H_{52}N_4O_8, 9\,H_2O$.

§. 937. Das Brucin bildet mit den Säuren die Brucinsalze, Sales brucici, welche meist krystallisirbar und leicht löslich in Wasser sind, durch Chlor blutroth, durch Salpetersäure roth und auf Zusatz von Zinnchlorür violett gefärbt, durch Rhodankalium erst nach längerem Stehen krystallinisch gefällt und sowohl durch die ätzenden reinen und erdigen Alkalien, als auch durch Morphin und Strychnin unter Abscheidung von Brucin zersetzt werden.

Das Curarin, $\overset{+}{Cu}$ (vergl. Bd. 3, S. 607), bildet mit Salzsäure, Schwefelsäure und Essigsäure neutrale, nicht krystallisirbare, bitter schmeckende Curarinsalze, Sales curarici, welche durch Gerbsäure gefällt werden.

e. Alkaloide der Solaneen.

Solanin (vergl. Bd. 3, S. 580—583).

61,84	504,0	Kohlenstoff
8,96	73,0	Wasserstoff
1,72	14,0	Stickstoff
27,48	224,0	Sauerstoff
100,00	815,0	Solanin.

Symb. und Aequiv. $C_{84}H_{73}NO_{28}$ oder $\overset{+}{So} = 815,0$. Atom. $C_{84}H_{146}NO_{28}$.

§. 938. Das Solanin neutralisirt die Säuren nur schwierig, bildet aber mit ihnen die Solaninsalze, Sales solanici, welche mit Ausnahme des schwefelsauren Salzes nicht krystallisirbar, sondern gummiartig sind, keinen Geruch, aber einen widerlich bitterlichen und anhaltend kratzend-scharfen Geschmack besitzen, narkotisch giftig wirken, in Wasser und Weingeist löslich sind und aus den wässerigen Lösungen durch Galläpfeltinktur flockig, durch Platinchlorid gelb gefällt werden.

Das Hyoscyamin, $\overset{+}{\text{Hy}}$ (vergl. Bd. 3, S. 574—576), hat gegen die Säuren eine beträchtliche Sättigungscapacität, sättigt dieselben vollständig und bildet mit ihnen die Hyoscyaminsalze, Sales hyoscyamici, welche zum Theil krystallisirbar und luftbeständig, geruchlos und von widerlich scharfem Geschmack sind, sehr giftig wirken, meist sehr leicht in Wasser und Weingeist löslich sind und leicht in der Wärme zersetzt werden. Die wässerigen Lösungen werden durch Jodtinktur kermesfarben verdickt, durch Galläpfeltinktur und Goldchlorid stark weißlich, aber nicht durch Platinchlorid gefällt, und in concentrirtem Zustand durch Alkalien unter Abscheidung von Hyoscyamin zersetzt.

Atropin (vergl. Bd. 3, S. 554—559).

70,59	— 204,0	Kohlenstoff
7,96	— 23,0	Wasserstoff
4,84	— 14,0	Stickstoff
16,61	— 48,0	Sauerstoff
100,00	— 289,0	Atropin.

Symb. und Aequiv. $C_{34}H_{23}NO_6$ oder $\overset{+}{\text{At}} = 289{,}0$. Atom. $C_{34}H_{46}N_2O_6$.

§. 939. Das Atropin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Atropinsalze, Sales atropici, die meist krystallisirbar und luftbeständig sind, im reinen Zustand keinen Geruch, aber einen widerlich bitteren und scharfen Geschmack haben, in der Wärme unter Bildung von Ammoniaksalzen zersetzt werden und meist leicht in Wasser, Weingeist und Aetherweingeist, aber nicht in Aether löslich sind. Die wässerigen Lösungen werden durch Jodtinktur kermesfarben verdickt, durch Galläpfeltinktur in dichten Flocken weißlich, durch Goldchlorid citronengelb und nach einiger Zeit krystallinisch und durch Platinchlorid gelblich-weiß gefällt und durch Alkalien unter Abscheidung von Atropin, welches sich bei Ueberschuß von Alkali langsam zerlegt, zersetzt; auch Thierkohle wirkt zersetzend auf die Atropinsalze.

Das Daturin, $\overset{+}{\text{Da}}$ (vergl. Bd. 3, S. 569—570), sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Daturinsalze, Sales daturici, welche leicht krystallisirbar sind, widerlich scharf und bitterlich schmecken, giftig wirken, in der Hitze zersetzt werden und leicht in Wasser und Weingeist löslich sind. Die wässerigen Lösungen werden durch Jodtinktur kermesfarben verdickt, durch Galläpfeltinktur in weißen Flocken und durch Goldchlorid stark weißlich, aber nicht durch Platinchlorid gefällt und durch Alkalien unter Abscheidung von Daturin zersetzt.

Salze von Stramonin, $\overset{+}{\text{Sr}}$ (vergl. Bd. 3, S. 570), sind unbekannt.

f. Alkaloide der Papaveraceen.

Chelidonin (vergl. Bd. 3, S. 563 ff.).

68,57	—	240,0	Kohlenstoff
5,69	—	20,0	Wasserstoff
12,00	—	42,0	Stickstoff
13,74	—	48,0	Sauerstoff
100,00	—	350,0	Chelidonin.

Symb. und Aequiv. $C_{40}H_{20}N_3O_6$ oder $\overset{+}{Chl}$ = 350,0. Atom. $C_{40}H_{40}N_6O_6$.

§. 940. Das Chelidonin sättigt zwar die Säuren nicht vollständig, bildet aber doch mit ihnen die Chelidoninsalze, Sales chelidonici, welche sauer und meist krystallisirbar sind, sich meist (mit Ausnahme des salpetersauren und salzsauren Salzes) leicht in Wasser, alle leicht in Weingeist lösen und beim Verdunsten, wenn die Säure eine schwache flüchtige ist, reines Chelidonin auskrystallisiren lassen.

Das Chelerythrin, $\overset{+}{Chr}$ (vergl. Bd. 3, S. 563) bildet mit den Säuren die Chelerythrinsalze, Sales chelerythrici, die meist schön gefärbt, krystallisirbar, leicht in Wasser, schwerer in Weingeist, nicht in Aether löslich sind und narkotisch giftig wirken; die wässerigen Lösungen geben mit Galläpfeltinktur einen in Weingeist löslichen Niederschlag.

Das Glaucin, $\overset{+}{Gl}$ (vergl. Bd. 3, S. 610), sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Glaucinsalze, Sales glaucici, welche krystallisirbar, von scharfem Geschmack und in Wasser leicht löslich sind; die wässerigen Lösungen werden durch Galläpfeltinktur gefällt und entlassen an thierische Kohle die Basis.

Das Glaucopicrin, $\overset{+}{Glp}$ (vergl. Bd. 3, S. 611), sättigt ebenfalls die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Glaucopicrinsalze, Sales glaucopicrici, welche sehr schön krystallisirbar sind, sehr bitter und eckelerregend schmecken und sich leicht in Wasser, nicht in Aether lösen.

Nach Walz finden sich in Eschscholtzia californica drei verschiedene Alkaloide, von denen das eine mit Säuren hochrothe, das andere farblose Salze bildet und das dritte durch Schwefelsäure violett wird.

In diese Abtheilung gehören auch die Opiumalkaloide.

g. Alkaloide der Ranunculaceen.

Delphinin (vergl. Bd. 3, S. 571).

76,78	—	162,0	Kohlenstoff
9,00	—	19,0	Wasserstoff
6,64	—	14,0	Stickstoff
7,58	—	16,0	Sauerstoff
100,00	—	211,0	Delphinin.

Symb. und Aequiv. $C_{27}H_{19}NO_2$ oder $\overset{+}{De}$ = 211,00. Atom. $C_{27}H_{38}N_2O_2$.

§. 941. Das Delphinin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Delphininsalze, Sales delphinici, welche zum Theil krystallisirbar, zum Theil gummiartig, zum Theil zerfließlich, aber nicht genau untersucht sind.

Das Aconitin, $\overset{+}{Ac}$ (vergl. Bd. 3, S. 552—554), sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Aconitinsalze, Sales aconitici, welche nicht krystallisirbar, sondern gummiartig sind, bitter und scharf schmecken, sehr giftig wirken, in der Hitze zersetzt werden und sich leicht in Wasser und Weingeist lösen. Die wässerigen Lösungen werden durch Jodtinktur kermesfarben verdickt, durch Galläpfeltinktur stark weißlich und flockig und durch Goldchlorid gelblich, später körnig krystallinisch gefällt und durch Alkalien unter Abscheidung von Aconitin zersetzt.

h. Alkaloide anderer Pflanzenfamilien.

Emetin (vergl. Bd. 3, S. 572—574).

64,72	—	222,0	Kohlenstoff
7,87	—	27,0	Wasserstoff
4,08	—	14,0	Stickstoff
23,33	—	80,0	Sauerstoff
100,00	—	343,0	Emetin.

Symb. und Aequiv. $C_{37} H_{27} N O_{10}$ oder $\overset{+}{Em} = 343{,}0$. Atom. $C_{37} H_{54} N_2 O_{10}$.

§. 942. Das Emetin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Emetinsalze, Sales emetici, welche im neutralen Zustand meist unkrystallisirbar (nur die sauren Salze lassen sich zum Theil krystallisirt erhalten), von scharfem und bitterem Geschmack und meist leicht löslich in Wasser sind. Die wässerigen Lösungen werden durch Galläpfeltinktur grauweiß und unvollständig, durch Jodkalium, Goldchlorid und Platinchlorid braun und durch Quecksilberchlorid in weißen Flocken gefällt.

Corydalin (vergl. Bd. 3, S. 568).

62,96	—	408,0	Kohlenstoff
6,80	—	44,0	Wasserstoff
4,32	—	28,0	Stickstoff
25,92	—	168,0	Sauerstoff
100,00	—	648,0	Corydalin.

Symb. und Aequiv $C_{68} H_{44} N_2 O_{21}$ oder $\overset{+}{Cr} = 648$. Atom. $C_{68} H_{88} N_4 O_{21}$.

§. 943. Das Corydalin bildet mit den Säuren die Corydalinsalze, Sales corydalici, welche zum Theil krystallisirbar, zum Theil unlöslich, sonst an der Luft unveränderlich und leicht in Wasser löslich sind; die salzsaure Lösung giebt mit Quecksilberchlorid ein unlösliches Doppelsalz.

Nach Ruickholdt und Wackenroder ist das Corydalin der Formel $C_{45} H_{27} NO_{18}$ entsprechend zusammengesetzt.

Menispermin (vergl. Bd. 3, S. 576).

72,00	—	108,0	Kohlenstoff
8,00	—	12,0	Wasserstoff
9,33	—	14,0	Stickstoff
10,67	—	16,0	Sauerstoff
100,00	—	150,0	Menispermin.

Symb. und Aequiv. $C_{18} H_{12} N O_2$ oder $\overset{+}{Me} = 150{,}0$. Atom. $C_{18} H_{24} N_2 O_2$.

§. 944. Das Menispermin bildet mit den Säuren die Menisperminsalze, Sales menispermici, die krystallisirbar und in Wasser löslich sind.

Berberin (vergl. Bd. 3, S. 604).

60,73	— 198,0	Kohlenstoff
5,52	— 18,0	Wasserstoff
4,30	— 14,0	Stickstoff
29,45	— 96,0	Sauerstoff
100,00	— 326,0	Berberin.

Symb. und Aequiv. $C_{33}H_{18}NO_{12}$ oder $\overset{+}{Be} = 326{,}0$. Atom. $C_{33}H_{36}N_2O_{12}$.

§. 945. Das Berberin hat eine nur geringe Affinität zu den Säuren und bildet mit ihnen die Berberinsalze, Sales berberici, welche beim Verdampfen, wenn die Säure eine schwache ist, das Berberin wieder fallen lassen.

Nach Fleitmann ist das bei 100⁰ getrocknete Berberin der Formel $C_{42}H_{18}NO_9, 2HO$ entsprechend zusammengesetzt und enthält im krystallisirten Zustand 10 Aequiv. Wasser.

Das Oxyacanthin, $\overset{+}{Ox}$ (vergl. Bd. 3, S. 613), sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Oxyacanthinsalze, Sales oxyacanthici, welche krystallisirbar und in Wasser löslich sind; die wässerigen Lösungen werden durch Alkalien, salpetersaures Silberoxyd, Zinnchlorür und Galläpfeltinktur weiß, von Goldchlorür gelblich und von Jodtinktur braun gefärbt.

Sanguinarin (vergl. Bd. 3, S. 614).

70,25	— 222,0	Kohlenstoff
5,06	— 16,0	Wasserstoff
4,43	— 14,0	Stickstoff
20,26	— 64,0	Sauerstoff
100,00	— 316,0	Sanguinarin.

Symb. und Aequiv. $C_{37}H_{16}NO_8$ oder $\overset{+}{Sg} = 316{,}0$. Atom. $C_{37}H_{32}N_2O_8$.

§. 946. Das Sanguinarin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Sanguinarinsalze, Sales sanguinarici, welche roth und in Wasser leicht löslich sind und bitter schmecken. Die wässerigen Lösungen werden durch Platinchlorid und Galläpfelauszug gelb gefällt und durch Alkalien unter Abscheidung des Sanguinarins zersetzt.

Harmalin (vergl. Bd. 3, S. 611).

74,61	— 144,0	Kohlenstoff
6,74	— 13,0	Wasserstoff
14,51	— 28,0	Stickstoff
4,14	— 8,0	Sauerstoff
100,00	— 193,0	Harmalin.

Symb. und Aequiv. $C_{24}H_{13}N_2O$ oder $\overset{+}{Hr} = 193{,}0$. Atom. $C_{24}H_{26}N_4O$.

§. 947. Das Harmalin sättigt die Säuren vollständig und bildet mit ihnen die Harmalinsalze, Sales harmalici, die gelb, größtentheils krystallisirbar und meist in Wasser löslich sind; die wässerigen Lösungen lassen auf Zusatz von Alkali unverändertes Harmalin fallen.

Nach Fritzsche ist das Harmalin der Formel $C_{27}H_{14}N_2O_2$ entsprechend zusammengesetzt und gibt ein basisches Zersetzungsprodukt, das Harmin ($C_{27}H_{12}N_2O_2$).

i. Künstlich dargestellte Alkaloide.

Cotarnin (vergl. Bd. 3, S. 618).

69,96	—	156,0	Kohlenstoff
5,83	—	13,0	Wasserstoff
6,28	—	14,0	Stickstoff
17,91	—	40,0	Sauerstoff
100,00	—	223,0	Cotarnin.

Symb. und Aequiv. $C_{26}H_{13}NO_5$ oder $\overset{+}{Ct} = 223,0$. Atom. $C_{26}H_{26}N_2O_5$.

§. 948. Das Cotarnin bildet mit den Säuren die Cotarninsalze, Sales cotarnici, die, soweit bekannt, röthlich-gelb und krystallinisch sind; die salzsaure Lösung giebt mit Quecksilberchlorid ein blaßgelbes, krystallinisches Doppelsalz.

Das Cotarnin ist nach Blyth der Formel $C_{25}H_{13}NO_5, 2HO$, nach Laurent aber der Formel $C_{24}H_{13}NO_6$ entsprechend zusammengesetzt.

Harnstoff, Ureïn (vergl. Bd. 3. S. 599).

20,00	—	12,00	Kohlenstoff
6,67	—	4,00	Wasserstoff
46,67	—	28,00	Stickstoff
26,66	—	16,00	Sauerstoff
100,00	—	60,00	Ureïn.

Symb. und Aequiv. $C_2H_4N_2O_2$ oder $\overset{+}{Ur} = 60,00$. Atom. $C_2H_8N_4O_2$.

§. 949. Das Ureïn bildet mit verschiedenen Säuren die Harnstoff- oder Ureïnsalze, Sales ureïci, welche noch 1 Aequiv. Wasser aufnehmen, krystallisirbar sind und zum Theil sauer reagiren.

Das Guanin ($C_{10}H_5N_5O_2$) ist nach Unger nicht mit dem Xanthin (vergl. Bd. 3, S. 944) identisch, sondern als ein besonderer basischer Körper zu betrachten.

Sinapolin (vergl. Bd. 3, S. 616).

60,0	—	84,0	Kohlenstoff
8,6	—	12,0	Wasserstoff
20,0	—	28,0	Stickstoff
11,4	—	16,0	Sauerstoff
100,0	—	140,0	Sinapolin.

Symb. und Aequiv. $C_{14}H_{12}N_2O_2$ oder $\overset{+}{Sp} = 140,0$. Atom. $C_{14}H_{24}N_4O_2$.

§. 950. Das Sinapolin bildet mit den Säuren die Sinapolinsalze, Sales sinapolici, welche löslich sind; die salzsaure Verbindung bildet mit Quecksilberchlorid und Platinchlorid Doppelsalze.

Nitranilin, $C_{12}H_6N_2O_4$, entsteht nach Muspratt und Hofmann bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf in ammoniakhaltigem Weingeist gelöstes Binitrobenzoën.

k. Den Alkaloiden sich anreihende Stoffe.

Piperin (vergl. Bd. 3, S. 598).

71,58	—	204,0	Kohlenstoff
6,67	—	19,0	Wasserstoff
4,91	—	14,0	Stickstoff
16,84	—	48,0	Sauerstoff
100,00	—	285,0	Piperin.

Symb. und Aequiv. $C_{34}H_{19}NO_6$ oder $\overset{+}{Pi} = 285,0$. Atom. $C_{34}H_{38}N_2O_6$.

§. 951. Das Piperin ist nur eine schwache organische Basis, verbindet sich aber doch mit den Säuren zu den Piperinsalzen, Sales piperici; man kennt bis jetzt nur das salzsaure Salz, welches in Weingeist löslich ist, durch Wasser zersetzt wird und mit Platinchlorid ein krystallinisches Doppelsalz bildet.

Caffeïn (vergl. Bd. 3, S. 594).

49,39	—	48,0	Kohlenstoff
5,15	—	5,0	Wasserstoff
28,86	—	28,0	Stickstoff
16,60	—	16,0	Sauerstoff
100,00	—	97,0	Caffeïn.

Symb. und Aequiv. $C_8 H_5 N_2 O_2$ oder $\overset{+}{Cf} = 97{,}0$. Atom. $C_8 H_{10} N_4 O_2$.

§. 952. Das Caffeïn ist von nur schwach basischer Natur und bildet mit den Säuren die Caffeïnsalze, Sales caffeïci, welche krystallisirbar sind, aber beim Erwärmen an der Luft oder beim Waschen mit Wasser wieder zerfallen.

Das Caffeïn ist von Stenhouse auch als ein Bestandtheil des Paraguaythees entdeckt worden.

Theobromin (vergl. Bd. 3, S. 597).

46,15	—	54,0	Kohlenstoff
4,27	—	5,0	Wasserstoff
35,90	—	42,0	Stickstoff
13,68	—	16,0	Sauerstoff
100,00	—	117,0	Theobromin.

Symb. und Aequiv. $C_9 H_5 N_3 O_2$ oder $\overset{+}{Thb} = 117{,}0$. Atom. $C_9 H_{10} N_6 O_2$.

§. 953. Das Theobromin bildet mit Salzsäure, Salpetersäure, Platinchlorid und salpetersaurem Silberoxyd krystallisirbare Verbindungen.

Nach Glasson ist die Zusammensetzung des Theobromins durch die Formel $C_{14} H_8 N_4 O_4$ auszudrücken.

Das Surinamin, $\overset{+}{Su}$ (vergl. Bd. 3, S. 616), bildet mit den Säuren die Surinaminsalze, Sales surinamici, welche krystallisirbar sind, sauer reagiren, bitterlich oder rein salzig schmecken und sich leicht in Wasser lösen; die wässerigen Lösungen entlassen beim Verdunsten keine Säure.

Das Jamaicin, $\overset{+}{Ja}$ (vergl. Bd. 3, S. 612), bildet mit den Säuren die Jamaicinsalze, Sales jamaicici, welche gelb, aber sonst den Surinaminsalzen ganz ähnlich sind.

Ueber die indifferenten organischen Verbindungen (Extraktiv- und Bitterstoffe, Farbstoffe, fette und ätherische Oele, Harze u. s. w.) vergl. im 3. Band dritte bis fünfte Abtheilung.

§. 951. Das Piperin ist nur eine schwache organische Basis, verbindet sich aber doch mit den Säuren zu den Piperinsalzen, Sales piperici; man kennt bis jetzt nur das salzsaure Salz, welches in Weingeist löslich ist, durch Wasser zersetzt wird und mit Platinchlorid ein krystallinisches Doppelsalz bildet.

Caffeïn (vergl. Bd. 3, S. 594).

49,39	—	48,0	Kohlenstoff
5,15	—	5,0	Wasserstoff
28,86	—	28,0	Stickstoff
16,60	—	16,0	Sauerstoff
100,00	—	97,0	Caffeïn.

Symb. und Aequiv. $C_8H_5N_2O_2$ oder $\overset{+}{Cf} = 97,0$. Atom. $C_8H_{10}N_4O_2$.

§. 952. Das Caffeïn ist von nur schwach basischer Natur und bildet mit den Säuren die Caffeïnsalze, Sales caffeici, welche krystallisirbar sind, aber beim Erwärmen an der Luft oder beim Waschen mit Wasser wieder zerfallen.

Das Caffeïn ist von Stenhouse auch als ein Bestandtheil des Paraguaythees entdeckt worden.

Theobromin (vergl. Bd. 3, S. 597).

46,15	—	54,0	Kohlenstoff
4,27	—	5,0	Wasserstoff
35,90	—	42,0	Stickstoff
13,68	—	16,0	Sauerstoff
100,00	—	117,0	Theobromin.

Symb. und Aequiv. $C_9H_5N_3O_2$ oder $\overset{+}{Thb} = 117,0$. Atom. $C_9H_{10}N_6O_2$.

§. 953. Das Theobromin bildet mit Salzsäure, Salpetersäure, Platinchlorid und salpetersaurem Silberoxyd krystallisirbare Verbindungen.

Nach Glasson ist die Zusammensetzung des Theobromins durch die Formel $C_{14}H_8N_4O_4$ auszudrücken.

Das Surinamin, $\overset{+}{Su}$ (vergl. Bd. 3, S. 616), bildet mit den Säuren die Surinaminsalze, Sales surinamici, welche krystallisirbar sind, sauer reagiren, bitterlich oder rein salzig schmecken und sich leicht in Wasser lösen; die wässerigen Lösungen entlassen beim Verdunsten keine Säure.

Das Jamaicin, $\overset{+}{Ja}$ (vergl. Bd. 3, S. 612), bildet mit den Säuren die Jamaicinsalze, Sales jamaicici, welche gelb, aber sonst den Surinaminsalzen ganz ähnlich sind.

Ueber die indifferenten organischen Verbindungen (Extractiv- und Bitterstoffe, Farbstoffe, fette und ätherische Oele, Harze u. s. w.) vergl. im 3. Band dritte bis fünfte Abtheilung.

Döbereiner's
Deutsches Apothekerbuch.

Zweiter Theil.

Zweite Abtheilung. Zweite Section.

Grundriß der Botanik

von

Dr. Franz Döbereiner.

Stuttgart.

Ad. Becher's Verlag.

1855.

STADTBIBLIOTHEK AUGSBURG

Inhaltsverzeichniß.

Einleitung.

Erste Hauptabtheilung.

Erster Haupttheil.

Zweiter Haupttheil.

Erster Abschnitt.

Zweiter Abschnitt.

Dritter Abschnitt.

Dritter Haupttheil.

Vierter Haupttheil.

Zweite Hauptabtheilung.

Erster Haupttheil.

Zweiter Haupttheil.

Erste Abtheilung.

Zweite Abtheilung.

Dritte Abtheilung.

Vierte Abtheilung.

Zweiter Abschnitt.

Einleitung.

Begriff, Umfang und Eintheilung der Botanik.

§. 1. Die Botanik oder Phytologie, Gewächskunde oder Pflanzenkunde, res herbaria, ist die Wissenschaft von dem Gewächs- oder Pflanzenreiche, d. h. der Inbegriff aller unserer Kenntnisse von den Gewächsen oder Pflanzen nach gemeinsamen Gesichtspunkten geordnet oder wissenschaftlich vereinigt.

§. 2. Die Gewächse oder Pflanzen sind diejenigen Naturkörper, welche leben und wachsen, ohne Empfindung oder die Macht der Selbstbewegung zu besitzen, eine Definition, welche die erschöpfendste zu sein scheint und schon im 17ten Jahrhundert von Joachim Jung dahin ausgedrückt wurde, daß die Gewächse Naturkörper seien, welche leben, so lange sie leben, wachsen, und keine Empfindung haben, also lebende Körper sind, die an dem Boden, aus dem sie ihre Nahrung beziehen, angeheftet sind, wachsen und sich fortpflanzen.

Obgleich der Mangel an Empfindung nur ein negatives und nicht streng nachzuweisendes Kennzeichen der Pflanzen ist, und auch manche derselben nicht an einen bestimmten Standpunkt gebunden sind, so wurde doch die Jung'sche Definition zum Theil von Linné adoptirt, der die drei Naturreiche dahin charakterisirte, daß „die Steine wachsen, die Pflanzen wachsen und leben, die Thiere hingegen wachsen, leben und empfinden." Börhave und später Blumenbach stellten als Hauptunterschied zwischen dem Pflanzen- und Thierreiche den auf, daß die Individuen des ersteren einen sehr einfachen Nahrungsstoff vorzüglich mittels zahlreicher Wurzelfasern einsaugen und keine willkürliche Bewegung besitzen, die Thiere dagegen ihre zusammengesetztere Nahrung durch eine meist einfache Mundöffnung in einen geräumigen Schlauch (in den Magen) bringen und sich willkürlich bewegen können. Der Unterschied, daß die Thiere durch den Willen und die Kraft zur freien Bewegung von den Pflanzen hinreichend getrennt seien, wurde besonders von Ludwig hervorgehoben, läßt sich aber eben so wenig allgemein durchführen, wie der von Oken dafür aufgestellte Satz, daß bei den Pflanzen nur der flüssige, bei den Thieren hingegen auch der feste Theil in Bewegung zu setzen sei. — Hedwig suchte einen bestimmten Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren darin zu finden, daß erstere ihre Zeugungstheile nach der Befruchtung verlieren, letztere sie aber zeitlebens behalten, eine im Allgemeinen richtige Thatsache, die jedoch deßhalb keinen festen Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren begründen kann, weil viele der ersteren aus den niederen Ordnungen keine deutlichen Zeugungstheile besitzen. — Rudolphi begründet einen Unterschied zwischen

Pflanzen und Thieren dadurch, daß die organische Elementarsubstanz bei den ersteren das Zellgewebe, bei den letzteren das Schleimgewebe sei, wogegen aber die Untersuchungen von Schwann und Schleiden sprechen, denen zufolge die Entwicklung der Zelle bei den Pflanzen und bei den Thieren ganz ähnlich vor sich geht. Schleiden und Agardh suchen in einer anderen Weise einen festen Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren festzustellen, nemlich Agardh dadurch, daß die Pflanzen die Eigenschaft haben, durch Ansetzen neuer Theile von innen nach außen zu wachsen, während die Thiere schon bei dem ersten Entstehen mit der Anlage aller ihrer Glieder versehen seien, und Schleiden dadurch, daß die Thiere den Charakter der fertigen Form, als einmaligen Erwachsenseins, besitzen, während die Pflanze fast in jedem Momente ihres Daseins nur ein Theil ihrer selbst ist, und Letzterer macht zur Begründung dieses Unterschiedes noch besonders darauf aufmerksam, daß die Thiere alle oder doch die wichtigsten Organe in sich einschließen, während die Pflanzen dieselben frei nach außen entwickeln, und daß bei den Thieren die Thätigkeit des Elementarorganes, der Zelle, ganz in der Individualität des Ganzen untergegangen und aufgelöst ist, so daß jeder Theil nur im Zusammenhange mit dem anderen etwas gilt und nur lebt, um dem Ganzen zu dienen, bei den Pflanzen hingegen die Individualität des Ganzen zurückgesetzt ist gegen die des Elementarorganes, und die Pflanzen nur für und durch das Elementarorgan zu leben scheinen. — Auch in der chemischen Zusammensetzung der Pflanzen und Thiere, so wie in der Abstammung ihrer Nahrungsmittel hat man einen Unterschied zu begründen gesucht, wie z. B. Treviranus und Andere bei den Pflanzen das Vorwalten des Kohlenstoffes, bei den Thieren das des Stickstoffes, Alston, Mirbel und Liebig für die Pflanzen die Aufnahme und Assimilation (Nahrung) von unorganischen, für die Thiere von organischen Stoffen als Unterscheidungsmerkmale aufstellen; welche Unterscheidung jedoch in Beziehung auf erstere Ansicht gänzlich unbegründet und in Beziehung auf letztere, wenigstens für die Pflanzen, noch nicht ganz unzweifelhaft ist. Ueberhaupt aber muß man zur Zeit noch darauf verzichten, eine vollkommen genügende Definition der Pflanze im Gegensatz zu dem Thiere zu geben, da, so leicht auch selbst für den Uneingeweihten ein Unterschied zwischen den höher entwickelten Pflanzen und den höher entwickelten Thieren zu machen ist, es bis jetzt den competentesten wissenschaftlichen Richtern, Ehrenberg und Kützing, noch nicht gelungen ist, für einzelne organische Wesen mit Bestimmtheit nachzuweisen, ob sie zu den Algengewächsen oder zu den Infusionsthierchen gehören, und hat man ein allgemein festzustellendes Unterschiedsmerkmal zwischen Thieren und Pflanzen noch aufzufinden.

§. 3. Die Botanik zerfällt, je nachdem sie die Pflanzen entweder an sich betrachtet und kennen lehrt oder auf eine Kenntniß derselben sich beschränkt nur in so weit, als sie den Menschen Nutzen und Vergnügen gewähren, in die reine und in die angewandte Botanik.

§. 4. Die reine Botanik, welche also die Anwendung der Pflanzen unberücksichtigt läßt, zerfällt in einen allgemeinen und in einen besonderen Theil. Die allgemeine Botanik handelt von dem inneren und äußeren Bau, von den Bestandtheilen und Eigenschaften der Pflanzen

überhaupt, und erforscht und erklärt die Gesetze, die aus der Gesammtbetrachtung des Pflanzenreiches ermittelt worden sind, während die besondere oder specielle Botanik sich mit den einzelnen Pflanzen in ihrer Eigenthümlichkeit und Verschiedenheit, in ihrer größeren oder geringeren Uebereinstimmung oder Verwandtschaft, mit den verschiedenen Verhältnissen derselben in verschiedenen Gegenden und zu verschiedenen Zeiten beschäftigt.

§. 5. Die allgemeine Botanik läßt sich in verschiedene Unterabtheilungen trennen, nemlich:

1) in die Lehre von den Elementarorganen der Pflanzen, welche, wenn sie sich auf den inneren Bau derselben erstreckt, Anatomie der Gewächse, Phytotomie oder Histologie, bei Betrachtung der äußeren Theile Organographie, mit welcher die Lehre von der Stellung der blattartigen Theile, die Phyllotaxis, und die Lehre von ihren Umwandlungen, die Morphologie, in Verbindung stehen, genannt wird;

2) in die Lehre von den Bestandtheilen der Pflanzen und den verschiedenen Mischungen jener, welche die Chemie der Pflanzen oder Phytochemie, auch Hylologie heißt, und

3) in die Lehre von den Lebensverrichtungen der Pflanzen, welche die Physiologie oder Biologie der Pflanzen, Phytophysiologie, Phytologie oder Phytonomie genannt wird, und zu der auch die Lehre von den Krankheiten und Mißbildungen der Pflanzen, die Phytopathologie und die Phytoteratologie, gehören.

§. 6. Die specielle Botanik zerfällt ebenfalls in drei Unterabtheilungen, nemlich:

1) in die Lehre von der Pflanzenbeschreibung, welche Phytographie genannt wird; sie lehrt die Regeln, wie die Pflanzen zu untersuchen sind, um verschiedene derselben sicher und bestimmt von einander zu unterscheiden und dieselben genau und ausführlich zu beschreiben;

2) in die Lehre von der Anordnung oder in die Theorie der Zusammenstellung der Pflanzen, welche die Systematik der Pflanzen oder die Taxonomie heißt; sie lehrt die Grundsätze, nach welchen man aus der Kenntniß einzelner Pflanzenarten und deren Uebereinstimmung und Verschiedenheit einen Ueberblick und Gesammtbegriff des Pflanzenreichs bilden kann, und zeigt aus der großen Verschiedenheit der Gestalt und Struktur und aus den übrigen Eigenschaften der Pflanzen das Uebereinstimmende und Aehnliche, das Verschiedene und Abweichende, das die Individuen oder Arten charakterisirt, und wie hiernach die Pflanzen eingetheilt und nach bestimmten, von einem gemeinschaftlichen Grundsatze ausgehenden Gesetzen und Regeln bestimmt werden können; und

3) in die Lehre von der Verbreitung der Pflanzen über die Erde, welche die Pflanzengeographie oder Phytogeographie genannt wird und zugleich lehrt, welche Folgerungen und allgemeine Gesetze aus dem Verhältnisse der Pflanzen oder einzelner Pflanzenfamilien zu den Ländern abzuleiten sind. Ein besonderer Theil dieser Lehre, die Pflanzengeschichte, lehrt die bis jetzt erlangten Kenntnisse über die Veränderungen, denen die Pflanzenwelt seit ihrer Existenz unterworfen war, und zerfällt in die Urgeschichte und in die Zeitgeschichte der Pflanzen; erstere wird aus der Petrefactenkunde ermittelt.

§. 7. Die botanische Kunstsprache oder Nomenklatur, welche wohl auch Terminologie oder Glossologie, richtiger aber Horismologie genannt wird, ist kein für sich bestehender Theil der Botanik. Sie ist unbedingt zum Verständniß der reinen und speciellen Botanik nothwendig, weil sie die Grundsätze und Bestimmungen angibt, über die man sich zur Bezeichnung gewisser Formen, Verhältnisse und Organe geeinigt hat.

§. 8. Die angewandte Botanik zerfällt je nach den verschiedenen Zwecken und Bedürfnissen, nach denen sie aufgefaßt wird,

1) in die medicinisch-pharmaceutische Botanik, welche von den als Arzneien und Gifte für die Heilkunde wichtigen Pflanzen handelt und für den Arzt, wie für den Apotheker und Droguisten von der größten Wichtigkeit ist,

2) in die ökonomische Botanik, welche sich mit der Betrachtung der Nahrungsmittel liefernden oder als Futterkräuter dienenden Pflanzen befaßt, also für den Landbauer von Interesse ist,

3) in die gewerbliche Botanik, welche die in verschiedenen Künsten und Gewerben als Ganzes oder in einzelnen Theilen oder in besonderen Educten in Anwendung kommenden Pflanzen beschreibt,

4) in die Forstbotanik, welche sowohl die Kenntniß von den als Nutz- oder Brennholz dienenden Bäumen, als auch die von den Pflanzen lehrt, welche zum Schaden oder Nutzen der Forstungen sind, also dem Forstmanne wichtig ist, und

5) in die Gartenbotanik, welche über alle diejenigen Gewächse handelt, welche zu Garten- und Parkanlagen verwendet werden oder dazu benutzt werden können.

Anmerk. Der Zweck des deutschen Apothekerbuches beansprucht nur die medicinisch-pharmaceutische Botanik, welche jedoch nicht die Aufführung der Pflanzen ausschließen darf, die keine Heilmittel sind, aber zur Verwechslung oder Verfälschung derselben dienen können.

Geschichte der Botanik.

§. 9. Die Botanik als Wissenschaft datirt ihre Geschichte aus dem 16ten Jahrhundert, während Erfahrungen über die Nützlichkeit oder Schädlichkeit gewisser Pflanzen bereits in den ältesten Zeiten gemacht sein mußten. Derartige Kenntnisse kamen aus dem Orient, namentlich von den Chaldäern zu den Aegyptern, und bei den Griechen und Römern finden wir fast einzig nur Kenntnisse über Pflanzen, die in der Medicin, Oekonomie und in den Gewerben angewendet wurden. Als Vater der Botanik, aber auch als der einzige Lehrer derselben unter den Alten ist Theophrastus oder, wie er eigentlich hieß, Tyrtamus (von Erosus auf Lesbos, geb. 371 und gest. 286 v. Chr. Geb.) anzuführen, welcher in seinen Schriften über die Geschichte und Ursachen der Gewächse (*περὶ φυτῶν ἱστορίας* und *περὶ φυτῶν αἰτιῶν*) über 500 Gewächse beschrieb und darin eine Art Naturlehre der Pflanzen gab. Er war ein unbefangener, genauer Beobachter und unterhielt einen Pflanzengarten, scheint aber wenig durch Reisen seine Kenntnisse vermehrt zu haben, da er sich oft auf

das Zeugniß der Gebirgsbewohner, Holzhauer, Wurzelgräber (sog. Rhizotomen, von denen er als die berühmtesten Giftmischer Thrasyas und Alexias von Mantinea anführt), Apotheker (sog. Pharmakolen, von denen er Eudemus und Aristopholus aus Plataä nennt) und Physiker (sog. Naturphilosophen, wie Menestor und Hippon) bezieht. Die Könige Mithridatus Eurator von Pontus und Attalus Philometor von Pergamus beförderten die Kenntnisse über die Giftpflanzen und Gegengifte durch Gärten, in denen die giftigen und giftwidrigen Pflanzen angebaut wurden, stellten auch an sich und Anderen damit Versuche an und begünstigten den Krateuas und Nikander von Kolophon, welche die berühmtesten Wurzelgräber jener Zeit waren, und von denen noch Schriften vorhanden sind.

§. 10. Die Römer beachteten insbesondere nur diejenigen Pflanzen, die für die Landwirthschaft wichtig waren, und in dieser Beziehung findet sich manches Interessante in den Schriften des Censors M. Porcius Cato, des M. Terentius Varro (in de re rustica), in den ländlichen und Hirtengedichten Virgil's und in den Büchern über Landbau von V. Julius Moderatus Columella. Weit wichtiger ist die Heilmittellehre des Dioskorides, welcher im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung lebte und als Arzt den römischen Heeren folgte; jenes Werk, in welchem auch alle damals bekannten Heilkräuter, aber ohne irgend eine systematische Ordnung, aufgezählt und beschrieben worden sind, und die Historia naturalis des älteren C. Plinius II, in welcher viele Stellen des Theophrastus und Dioskorides wörtlich übersetzt sind, blieben, obgleich ersteres nur im verstümmelten Zustande erhalten war, nahe 1500 Jahre hindurch die einzig belehrenden und gaben die Richtschnur für alle Forschungen. Plinius nennt den König Juba II von Mauritanien einen großen Naturkundigen und bemerkt den Antonius Castor, Schwiegersohn des Königs Dejotarus, als den Besitzer eines botanischen Gartens. Claudius Galenus, der unter der Kaiserzeit berühmte Arzt, empfahl die Benutzung der einheimischen Arzneipflanzen und — was heutzutage noch als sehr wichtig betrachtet werden muß — das Studium derselben an ihrem Standorte, fabelte dagegen eine von seinem Vater angeblich gemachte Beobachtung nach, nemlich daß die Getreidearten in Lolch und Trespe, ja sogar Weizen in Wachtelweizen verwandelt würden.

§. 11. Bei dem mit dem Verfalle des Kaiserreiches eintretenden allgemeinen Verfalle der Wissenschaften nahm die Botanik als Dienerin der Heilkunst Theil, jedoch finden sich noch botanische Notizen aus dem vierten Jahrhundert bei Pappus aus Alexandrien, aus dem fünften bei Marcellus von Bordeaux und Palladius Rutilius Taurus Aemilianus, aus dem sechsten bei Kosmas Indikopleustes, aus dem siebenten bei Isidorus von Sevilla, aus dem zehnten bei Kassianus Bassus und aus dem eilften bei Simeon Sath, Michaël Glykas und Nicol. Myrepsikus, so wie auch von den Mönchen, namentlich denen des Benedictiner Ordens, der Anbau nützlicher Gewächse betrieben wurde, und sie zählten diese in den Capitularien Karl's des Großen, ferner Walafrid Strabo in seinem Gedicht Hortulus im neunten, Aemilius Macer in seinem Gedicht de herbarum virtutibus

im zehnten und die Aebtissin Hildegard in ihrer Physica im zwölften Jahrhundert auf.

§. 12. Auch den Arabern dienten die Schriften des Dioskorides als Grundlage des Wissens über die Pflanzenwelt, und sie schritten darin weiter vor, als die Abendländer, da sie viele neue wichtige Arzneistoffe aus dem Pflanzenreiche, die noch heutzutage im allgemeinen Gebrauch sind, wie z. B. Sennesblätter, Manna, Rhabarber, Cassien- und Tamarindenmark u. s. w. kennen und anwenden lernten und hierüber Schriften hinterlassen haben. Besonders ist bei den Arabern Avicenna (Ebn Sina), welcher sogar seinen Schülern die fremden Gewächse durch farbige Bilder kenntlich gemacht haben soll, und Joh. Serapion aus dem eilften, und Ebn Beithar, welcher das beste botanische Werk jener Zeit veröffentlichte, aus dem dreizehnten Jahrhundert als Lehrer und Beförderer der Botanik zu erwähnen.

§. 13. In Folge der Kreuzzüge und der Herrschaft der Araber in Spanien fanden auch die bedeutenderen ärztlichen Kenntnisse Eingang in dem Abendlande, wie die Gründung eines Hortus medicus durch die Benedictiner an der medicinischen Schule der Salerno im zwölften Jahrhundert und die alphabetische Aufzählung der Arzneimittel von Mathäus Platearius der Aeltere in seinem Buche circa instans kund geben. Im dreizehnten Jahrhundert wurden die orientalischen Länder und deren Erzeugnisse durch die Reisen der Minoriten Joh. de Plano Carpini, Wilh. von Rubruguis und Marco Polo immer mehr und mehr bekannt, und durch die Schriften des Albertus Magnus, des Peter de Crescentiis (opus ruralium commodorum) und des Vincenz von Beauvais (speculus quadripartitum) mancherlei Wissenswerthe aus der Botanik verbreitet. Auch im vierzehnten Jahrhundert zeigten sich Fortschritte, veranlaßt durch die Reisen des Franciskaners Oderich von Portenau und des englischen Ritters Johann Manderillo im Orient, durch die Anlegung eines öffentlichen botanischen Gartens in Venedig und durch die Schriften des Simon de Corbo (Clavis sanationis), des Mathäus Sylvaticus (Pandectae medicinae), des Grafen von Suffolk Bartholomäus Glanville (de rerum proprietatibus) und des Jakob von Dondis (Aggregator practicus de simplicibus), dessen Werk die Pflanzen alphabetisch geordnet und durch Holzschnitte erläutert enthält und sowohl in diesem als in dem folgenden Jahrhundert vielfache Nachahmung namentlich in Deutschland in den sog. Kräuterbüchern fand. In Italien fing man um diese Zeit auch an, die älteren Schriftsteller in der Ursprache zu studiren und auszulegen, wie die Werke des arabischen Arztes Mesue durch Christophorus de Honestis und Joh. Jak. de Manliis de Bosco und des Nikolaus Myrepsikus durch den jüngeren Mathäus Platearius, die des Dioskorides und Plinius durch Hermolaus Barbarus, Marcellus Vergilius, Nikolaus Leonicenus, Joh. Manardus, Joh. Ruel, Andreas Lacuna, Leonard Perez, Euricius Cordus und den Grafen Hermann von Neuenaar commentirt wurden.

§. 14. Die Entdeckung der Buchdruckerkunst, welche die allgemeine Verbreitung der Kenntnisse und den geistigen Verkehr erleichterte, die

Auffindung Amerika's und des Seeweges nach Indien, wodurch eine größere Anzahl neuer Naturgegenstände bekannt wurde, und die Periode der Reformation, welche den Geist seiner Banden entledigte, übten einen großen Einfluß auf die Hebung aller Wissenschaften, also auch auf die Hebung der Botanik, und besonders haben wir letztere unseren deutschen Landsleuten zu verdanken. Otto Brunfels namentlich regte eine neue Thätigkeit in der Gewächskunde durch sein zuerst lateinisch (Herbarum vivae eicones 1530), später deutsch (Contrafayt Kräuterbuch newlich beschrieben ꝛc. 1532—1537) herausgegebenes Werk an, und ihm folgten mit ähnlichen Werken Hieronymus Bock oder Tragus, und Leonhard Fuchs durch Paradoxa medicinae und Historia stirpium, welche drei als die wahren Begründer der vaterländischen Pflanzenkunde zu betrachten sind; ferner Valerius Cordus durch seine Annotationes in Dioscoridem, Historia plantarum und Sylva observationum, Konrad Gesner durch seine, jedoch erst 100 Jahre nach des Verfassers Tode durch Schmidt herausgegebene Opera botanica, Joh. Thal durch sein Sylva Hercynia, und Tabernämontanus oder Jak. Theodor von Bergzabern durch sein „Neues Kreuterbuch". Aber auch die Naturforscher anderer europäischer Länder haben in diesem Jahrhundert Vieles zur Hebung und Verbreitung der Botanik gethan; so in Italien Anton Musa Brasovola durch sein Examen omnium simplicium medicamentorum, Lucas Ghini durch seine Lehrerthätigkeit und Begründung botanischer Gärten in Padua und Pisa, Bartholomäus Maranta durch seine Methodus cognoscendorum simplicium, Ludwig Anguillara durch seine Semplici, Pet. Andr. Mattioli durch seine Commentarii in Dioscoridem mit trefflichen Holzschnitten, und Faba Colonna oder Columna durch seine Phytobasanos und Ecphrasis; in den Niederlanden Rembert Dodoens oder Dodonäus durch seine Stirpium historiae pemptades und Kruydeboek, Mathias de l'Obel oder Lobelius durch seine Stirpium nova adversaria, Plantarum s. stirpium historia und Icones stirpium und Karl de l'Ecluse oder Clusius durch seine Exoticorum libri X, Rariorum plantarum historia und Curae posteriores; in Frankreich Hugo Solier durch seine Scholia in Aëtium, Peter Pena als Mitarbeiter des Lobelius und Jak. Dalechamp mit Joh. Bauhin und Molineux; in England William Turner durch sein New Herball und Joh. Gerard durch sein the Herball und in Portugal Joh. Roder. de Castello Blanco durch sein Amatus lusitanus: Enarrationes in Dioscoridem. Auch die Zahl der botanischen Gärten mehrten sich in diesem Jahrhundert bedeutend, und wurden solche nicht allein von Fürsten und gelehrten Anstalten, sondern auch von Privatleuten errichtet, wie namentlich in Deutschland, wo unter den vielen Privatgärten der des Joachim Camerarius zu Nürnberg der berühmteste war. Ebenso wurde die Zahl der bekannten Gewächse durch die Reisen der Portugiesen Garcia del Huerto und Christopher da Costa in Hindustan, des Italieners Hieron. Benzoni und der Franzosen Andr. Thevet in Südamerika und Peter Belon, der Deutschen Melchior Wieland, Leonh. Rauwolf und Joachim Jungermann und des Italieners Prosp. Alpini in Morgenland bedeutend erhöht.

§. 15. Der oben erwähnte Holländer Lobelius versuchte zuerst die Pflanzen nach einem natürlichen Systeme, das jedoch sehr willkürlich war, zu ordnen, während noch in demselben Jahrhundert der Italiener Andr. Cäsalpini, bekannt durch sein Werk de plantis, ein besseres System, beruhend auf gewissen Aehnlichkeiten und Verhältnissen der Frucht, der Blume und des Kelchs, aufstellte, und fast zur selben Zeit die Schweizer Johann Bauhin, Verfasser von Historiae plantarum generalis prodromus, von Joh. Heinr. Cherler herausgegeben, und von Historia plantarum universalis, von Domin. Chabräus herausgegeben, und Kaspar Bauhin, Verfasser von Pinax theatri botanici, eine Anordnung der Pflanzen, wobei sie aber mehr Lobelius folgten, versuchten. Das erwähnte Werk des Letzteren enthält zugleich die vollständigste Synonymie, die es in der Botanik giebt.

§. 16. Die im siebzehnten Jahrhundert stattfindende Begründung mehrerer gelehrten Gesellschaften, wie 1645 in England die des philosophischen oder unsichtbaren Collegiums, das 1663 den Rang einer Königlichen Gesellschaft erhielt, 1652 in Deutschland die der Gesellschaft naturforschender Aerzte, die 1677 zu einer Kaiserlichen Akademie der Naturforscher erhoben wurde, und 1665 in Frankreich die der Königlichen Akademie beförderte die Hebung der Botanik ungemein, besonders in Folge der Entdeckung der Vergrößerungsgläser, durch welche die Lehre von dem Bau der Pflanzen begründet wurde, für welche als der Schöpfer der Italiener Marc. Malpighi, Verfasser des von der brittischen Gesellschaft herausgegebenen Werkes Anatome plantarum, als weiterer Förderer der Engländer Nehem. Grew, Sekretär der brittischen Gesellschaft und Verfasser von the Anatomy of plants, und der Holländer Anton Leeuwenhoek, Verfasser der Opera, besonders Arcana naturae und Epistolae physiologicae, zu nennen sind. Auch die Engländer Rob. Hook, Nathan. Henshaw, Mart. Lister und Ez. Tonge beschäftigten sich mit Untersuchungen über den Pflanzenbau, während von den Mitgliedern der französischen Akademie Cl. Perrault, Dion. Dodart und Edm. Mariotte phytophysiologische Beobachtungen besonders über die Ernährung, die Bewegung des Saftes und die Vermehrungsfähigkeit der Pflanzen angestellt wurden. Mariotte und die zu jener Zeit für die Botanik thätigen Italiener Joh. Bapt. Triumfetti und Peter Boccone nahmen eine Urerzeugung der Pflanzen (Generatio aequivoca) an.

§. 17. In demselben Jahrhundert erwarb sich um die systematische Botanik große Verdienste unser Landsmann Joachim Jung durch die Verbesserung der botanischen Kunstsprache und Nomenclatur und durch hellere Ansichten über die Anordnung der Pflanzen. Seine Vorträge als Professor zu Hamburg wurden handschriftlich von Morisson und Ray benutzt, aber erst 100 Jahre nach seinem Tod durch den Druck als Opuscula botanico-physica veröffentlicht. Der Erstere der beiden erwähnten Botaniker, bekannt durch seine Praeludia botanica und Historia plantarum universalis, gab eine bessere Charakteristik und eine natürliche Methode, bei welcher nach Cäsalpini's Vorgang besonders die Frucht, aber auch das Blatt in Betracht gezogen wurde, wogegen Ray, der Verfasser von Methodus plantarum emendata, Synopsis methodica stirpium britannicarum

und Historia plantarum, bei seiner natürlichen Anordnung der Gewächse möglichst alle Theile derselben berücksichtigte und besonders für die Bestimmung der Gattungen und Arten richtige Begriffe aufstellte. Paul Ammann, Verfasser von Character plantarum naturalis und Curae secundae, Paul Hermann (florae lugduno-batavae flores) und Herm. Boerhaave in seinem Index I et II plantarum, quae in horto lugdunensi aluntur, verbesserten die Morisson'sche Methode der Pflanzenordnung dadurch, daß sie hauptsächlich nur die Frucht berücksichtigten, während Aug. Quirin. Rivinus, Professor zu Leipzig, in seiner Introductio generalis in rem herbariam, Ordines plantarum, und der Franzose Jos. Pitton de Tournefort in seinen Institutiones rei herbariae künstliche Systeme, Ersterer nach der Regelmäßigkeit oder Unregelmäßigkeit, Letzterer nach der Gestalt der Corolle, aufstellten.

§. 18. Während des siebzehnten Jahrhunderts wurde die Kenntniß ausländischer Pflanzen durch Reisende bedeutend erweitert. Die Früchte der Reisen des Spaniers Franz Hernandez während 1593 bis 1600 in Mexiko wurden in Beziehung auf die Pflanzenwelt in einem Auszuge auf Veranlassung des römischen Fürsten Friedr. Cesi durch Nardo Ant. Recchi zu Rom als nova plantarum regni mexicani historia veröffentlicht. Der Jesuit Barnabas Cobo, welcher 1596—1653 auf den Antillen, in Mexiko und Peru lebte, hinterließ seine Beobachtungen in einer Handschrift, wovon jedoch nur noch der vierte Theil in der königlichen Bibliothek zu Sevilla erhalten ist. Wilh. Piso und Georg Marggrav, die den Grafen Moritz von Nassau-Siegen bei seinem Eroberungszuge in Brasilien begleiteten, haben eine Historia naturalis Brasiliae hinterlassen. Die Engländer Joh. Banister und Wilh. Vernon und der Deutsche Dav. Krieg sammelten viele nordamerikanische Pflanzen, die durch Petiver, Sloane, Ray und Dale bekannt gemacht wurden; der Holländer Jak. Bontius machte Entdeckungen auf Java, welche Wilh. Piso mit einer neuen Ausgabe der Naturgeschichte Brasiliens veröffentlichte; der deutsche Jesuit Mich. Boym beschrieb das Pflanzenreich China's in der Flora sinensis, und etwas später machten Andr. Cleyer, der China und Japan, und der Schwede Nikol. Herm. Grimm, der Ostindien bereist hatte, ihre Beobachtungen in den Ephemeriden der deutschen kaiserlichen Gesellschaft der Naturforscher bekannt. Geo. Jos. Kamel aus Brünn theilte seine über die philippinischen Pflanzen gemachten Beobachtungen an Ray und Petiver mit, und der Engländer Jakob Cunningham schickte die von ihm auf der Insel Tschusan in China, auf Palo Condor in Ostindien und auf Ascension gesammelten Pflanzen an Petiver und Plukenet ein; mehrere Pflanzen Madagascars wurden durch den Statthalter Steph. Flacourt in dem Werke Histoire de la grande isle Madagascar beschrieben, und die Flora des nördlichen Afrika's durch die Reisen des Holländer Clutius und des Deutschen Joh. Vesling in den Opuscula duo de nuce medica des Ersteren und dem Werke de plantis Aegypti observationes theilweise bekannt.

§. 19. Zu Ende des siebzehnten und Anfang des achtzehnten Jahrhunderts begann auch die Epoche einer verbesserteren und vollkommeneren

bildlichen Pflanzenbeschreibung; besonders ist aus dieser Zeit erwähnungswerth das größte Prachtwerk in 12 Folianten, der Hortus malabricus, welcher in den Jahren 1674 bis 1703 unter der Leitung des holländischen Statthalters auf Malabar, Heinrich Adr. von Rheede tot Drakensteen erschien, so wie das von Joh. Burmann 40 Jahre nach des Verfassers Tode herausgegebene Herbarium amboinense, das von Geo. Eberhard Rumphius bearbeitet worden war. Maria Sibylla geb. Marian, die mit ihrem Gemahl Graf mehrere Jahre auf Surinam verweilte, hat zu dem Werke De generatione et metamorphosi insectorum surinamensium viele Pflanzenabbildungen geliefert. Hans Sloane lieferte in seinem Werke A voyage to Madera, Barbados, Nevis, St. Christophers and Jamaica treffliche Beschreibungen der von ihm gesammelten Pflanzen und ist auch bekannt als Stifter des so berühmten Gartens zu Chelsea. Wilhelm Sherard, welcher viele Botaniker unterstützte, sammelte ein Herbarium von 12000 Arten, was das bedeutendste jener Zeit war.

§. 20. Mit der immer mehr hervortretenden Ausdehnung der Botanik machte sich das Bedürfniß botanischer Gärten fühlbarer, die sich in dem siebzehnten Jahrhundert bedeutend vermehrten. Der im Jahr 1590 von Joh. Robin in Montpellier angelegte war der berühmteste in Frankreich, und sein Sohn und Nachfolger, als Heinrich des Vierten Simplicist, Vespasian Robin beschrieb bereits im Jahr 1623 die Pflanzen des Gartens in dem Werke „Enchiridion isagogicum ad facilem notitiam stirpium“, während schon früher von Paul Reneaulme dieselben bei der Herausgabe seines Specimen historiae plantarum benutzt worden waren. Der königliche Garten zu Paris wurde 1633 auf Betrieb des Leibarztes Gui de la Brosse angelegt und 1636 in der Description du jardin royal und 1640 in l'Ouverture du jardin royal beschrieben, kam aber in den Jahren von 1642 an unter der Oberaufsicht von Franz Vautier und Anton Vallot sehr zurück, bis 1665 Dion. Joncquet, der Verf. des Hortus regius Parisiensis, Professor der Botanik wurde. Diesem folgten 1671 Gui Crescent. Fagon und 1683 Tournefort, während Colberg selbst die Oberaufsicht des Gartens übernahm und die seltensten Pflanzen desselben durch die Maler Robert und Joubert abbilden und in den Estampes pour servir à l'histoire des plantes veröffentlichen ließ. — In England ist der von der Königin Elisabeth in Hamptoncourt gestiftete der älteste botanische Garten, dessen Aufsicht zuerst Joh. Parkinson, dem Verf. von Paradisi in sole paradisus terrestris und von Theatrum botanicum, und dann Leonh. Plukenet, welcher der Verf. von Almagestum botanicum, Mantissa und Amaltheum botanicum ist, und den Garten sehr an Pflanzen bereicherte, anvertraut wurde. Der in Chelsea auf Veranlassung von Sloane durch eine Gesellschaft Londoner Apotheker gestiftete Garten hatte an Jak. Petiver, dem Verf. der Opera historiam naturalem spectantia einen langjährigen Vorsteher. Der Universitätsgarten zu Oxford wurde 1632 und der zu Edingburgh 1680 angelegt; ersterem stand zuerst der Deutsche Jak. Bobart vor und der Katalog des letzteren wurde zuerst von Jak. Sutherland herausgegeben. Außerdem unterhielten der Londoner

Bischof, Heinrich Compton, zu Fulham und die beiden Joh. Tradescant zu Lambeth schöne Gärten. — In den Niederlanden war der älteste botanische Garten zu Leyden, dem zuerst Clusius, dann Pet. Paaw, der Verf. des Hortus publicus acad. L. B., vorstand, worauf Ever. Vorst, Ad. Vorst, Flor. Schuyl, Arn. Syen, Paul Hermann, Pet. Hotton und im Anfang des achtzehnten Jahrhunderts Herm. Boerhaave folgten. Amsterdam besaß einen der reichsten Gärten, dessen Pflanzenschätze von den Curatoren Joh. Huydecopen van Marseveen und Joh. Commelyn in dem Werke „Horti medici Amsteldamensis rariorum plantarum descriptio et icones“ angeführt sind; Joh. Snippendal, Ger. Blasius, Friedr. Ruysch, P. Hotton und Kasp. Commelyn, der Verf. der Praeludia botanica und des Horti medici Amsteldamensis plantae rariores et exoticae, waren hinteinander Aufseher dieses Gartens. Im Haag unterhielt Simon Beaumont einen schönen Garten, dessen Pflanzenverzeichniß 1690 von Franz Kiggelaer veröffentlicht wurde. Außerdem bestanden noch Gärten zu Utrecht unter Heinrich Regius, zu Haarlem, zu Breda, zu Brüssel und zu Gröningen unter Heinrich Munting und dessen Sohn Abraham Munting, dem Verf. der Waare oeffening der planten, welche Gärten besonders von Em. Sweert zu seinem Florilegium (1612), von Krisp. Passäus zu seinem Hortus floridus (1614) und von dem Buchhändler Mathias Merian zu seinem Florilegium renovatum (1641) benutzt wurden. Wissenschaftlicher geordnet und gut abgebildet finden sich die Pflanzen dieser Gärten und anderer auf Reisen gesammelter Gewächse in dem von Jak. Breyn und seinem Sohne Joh. Philipp Breyn herausgegebenen Werke „Exoticarum plantarum centuria, Prodromus I et II. — In Deutschland war der berühmteste botanische Garten in Eichstädt (vergl. Hortus eystettensis 1613), den der Bischof, Joh. Cornel. von Gemmingen, zu St. Wilibald unterhielt und Basil. Besler beaufsichtigte. Ludwig Jungermann begründete die akademischen Gärten zu Gießen und Altdorf, an welchem letzteren Orte ihm Moritz Hofmann, der Verf. der Florae altorfinae deliciae hortensis, folgte. In Nürnberg stand der Garten des Collegiums der Aerzte unter der Aufsicht von Joh. Geo. Volkamer, welcher die Flora noribergensis herausgab. Der Universitätsgarten zu Jena wurde von Wern. Rolfinck, dem Verfasser des Werkes „De vegetabilibus“, begründet und der zu Leipzig durch Paul Amman, den Verf. der Suppellex botanica, in einen sehr blühenden Zustand gebracht, während zugleich in letzterer Stadt der Garten des Rathsherrn Kasp. Bose sehr berühmt war. In Halle unterhielt der Superintendent Joh. Gottfr. Olearius, der Verf. des Specimen florae halensis, einen reichhaltigen botanischen Garten. In Berlin entstand der Kurfürstliche Garten 1660, dessen Pflanzenverzeichniß von Johann Siegm. Elsholtz in dessen Flora marchica veröffentlich wurde. — In Skandinavien war der botanische Garten zu Kopenhagen unter der Leitung von Otto Sperling, dem Verf. des Hortus Christianaeus, sehr blühend, und auf Olaf Rudbek's, des Verf. der Deliciae Vallis Jacobaeae, Veranlassung der Universitätsgarten zu Upsala und der Garten

des Grafen Magnus de la Gardie zu Jakobsdalen, dem heutigen Ulriksdalen, angelegt worden. Zu Åbo stand der botanische Garten unter Elias Tillands, welcher einen Catalogus plantarum herausgab. — In Polen war zu jener Zeit der Garten zu Warschau unter Andreas Cnöffel in Aufnahme. — In Italien vermehrte sich die Zahl der botanischen Gärten während des siebzehnten Jahrhunderts ebenfalls und erfreuten sich eines großen Rufes, wie z. B. der zu Padua unter der Leitung von Vesling besonders reich an griechischen Pflanzen war, dem Garten zu Bologna hintereinander Ulyss. Aldrovandi, Barthol. und Hyac. Ambrosini und Jak. Zanoni, dem des Collegio della Sapienza zu Rom Joh. Bapt. Triumfetti und des Cardinals Odoardo Farnese zu Rom Tobias Aldini vorstanden. Joh. Bapt. Ferrari ließ die schönsten Pflanzen dieser Gärten durch die Meister Guido Reni und Pet. Berettini abbilden und in dem Werke „de flora cultura“, veröffentlichen. — Auf Sicilien fanden sich zu jener Zeit zwei botanische Gärten, der zu Messina, welcher unter der Aufsicht von Pet. Castelli (Hortus messanensis 1640), und der des Fürsten della Cattolica zu Missilmeri, welcher unter der Leitung des gelehrten Franciskaners Franz Cupani, des Verf. des Hortus catholicus, Panphyton siculum incompl., stand.

§. 21. Auch die Floren einzelner Länder fanden im siebzehnten Jahrhundert treffliche Bearbeiter, wie z. B. die der südeuropäischen Länder in dem französischen Dominikaner Jac. Barrolier, dem Verf. der Plantae per Galliam, Hispaniam et Italiam observatae, und in dem Cistercienser Silv. Paul Boccone, dem Verf. der Icones et Descriptiones rariorum plantarum Siciliae und des Museo di piante raro, die Preußens in Johann Lösel, welcher die Flora prussica herausgab. Wilhelm Dampier beschrieb in der Nouveau voyage autour du monde mehrere neuholländische Pflanzen, und die Flora Grönlands und Spitzbergens fand noch im Jahre 1675 einen trefflichen Bearbeiter und Maler.

§. 22. Mit dem Ende des siebzehnten und Beginn des achtzehnten Jahrhunderts wurde durch Joseph Pitton de Tournefort dem Studium der Botanik eine neue Richtung gegeben. Dieser Naturforscher erwarb sich durch die genauere Bestimmung der Pflanzengattungen und durch Einführung eines neuen Systems große Verdienste und unvergänglichen Ruhm um die Wissenschaft. Seine Anordnung des Pflanzenreichs ist in seinen beiden Werken, in den Élémens de Botanique 1694 und den Institutiones rei herbariae 1700 niedergelegt und besteht in der Aufstellung von 22 Pflanzenklassen, deren Kennzeichen auf Mangel oder Gegenwart, Form und Verhältniß der Blumenkrone beruhen, eine Anordnung, die zwar an sehr vielen Mängeln leidet, aber doch den Weg zu einer besseren Systematik und den größten Botanikern jener Zeit bis zu Linné hin als Richtschnur bei ihren Untersuchungen diente. Seb. Vaillant, der Verf. des Discours sur la structure des fleures und Botanicon parisiense, und Rud. Jak. Camerarius, der Verf. der Epistola ad Valentinium, bestätigten die schon früher von Grew dunkel vorgetragene, von Ray und Bobart weiter ausgeführte Lehre vom Geschlecht und

der Befruchtung der Pflanzen, und Joh. Heinr. Burkhard äußerte bereits in einem Briefe an Leibnitz, daß man die Pflanzen nach der Zahl ihrer Staubfäden eintheilen könne, eine Idee, die dem später von Linné aufgestellten Systeme zu Grunde liegt.

§. 23. Zur selbigen Zeit fanden nicht allein einzelne Pflanzenklassen und Familien besondere Bearbeiter, sondern auch die ausländischen Floren ein genaueres Studium, als früher. So erwarben sich besondere Verdienste um die Untersuchung niederer Gewächse Joh. Jakob Dillenius, der Verf. des Catalogus plantarum sponte circa Gissam nascentium und des Hortus elthamensis, durch seine Historia muscorum, und Pet. Ant. Micheli durch seine Nova plantarum genera, so wie um Untersuchung der Gräser Johann Scheuchzer durch seine Agrostographia, durch botanische Reisen in Westindien Karl Plumier (vergl. Nova plantarum genera; Traité des fougerès de l'Amérique; Plantae americanae ed. Joh. Burmann), in Chile und Peru Ludw. Feuillée (vergl. Journ. d'observations), in Persien, Ostindien, Java und Japan Engelbrecht Kämpfer, der Verf. der Amoenitates exoticae, in Kleinasien und Armenien Joh. Christ. Buxbaum, welcher die Plantarum minus cognitarum centuriae herausgegeben hat, in Nordasien der durch seine Flora sibirica bekannte Joh. Geo. Gmelin, so wie auch Joh. Burmann durch seinen Thesaurus ceylanicus und Rariorum africanarum plantarum decades Mehreres über die auf Ceylon und in Südafrika vorkommenden Pflanzen, und Mark. Catesby durch die von ihm herausgegebene the natural history of Carolina etc. Einiges über die Pflanzenwelt des südlichen Theiles von Nordamerika bekannt machte.

§. 24. Gegen die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts wurde endlich durch den Reformator der Naturgeschichte, durch Karl Linné (geb. 1707 zu Roshult in der schwedischen Provinz Smaland, gest. hochgeehrt und allgemein geachtet zu Upsala 1778) das Geschlecht der Pflanzen bestimmt, erkannt und bewiesen. Er regelte die Kunstsprache, gab Gesetze der Klassifikation, stellte den Begriff der Art fest und schuf das nach ihm benannte Geschlechts- oder Sexualsystem, welches auch im Gegensatz zu der natürlichen Anordnung der Pflanzenarten zu Familien das künstliche Pflanzensystem genannt wird. Dieses System galt lange Zeit hindurch und selbst noch in dem ersten Viertheil unseres Jahrhunderts als das beste, und hat auch jetzt noch eine hohe Bedeutung und großen Werth besonders dadurch, daß es seiner leichtfaßlichen Eintheilungsgründe wegen zum Bestimmen, Auffinden und Einschalten unbekannter Pflanzen ungemein brauchbar ist. Da in Folge dieses Systems die natürlichen Pflanzengruppen sehr getrennt werden, so weicht es jetzt immer mehr und mehr dem natürlichen Systeme, das einen besseren Weg zur wahren Erkennung der Gewächse anzeigt. Linné hat selbst das Zweckwidrige der Trennung der natürlichen Pflanzengruppen eingesehen und strebte dahin, dieselben in seinem Systeme so viel wie möglich in gleiche Klassen zusammenzubringen, hielt überhaupt die Aufstellung eines natürlichen Systems für die Hauptaufgabe der Wissenschaft, die zu seiner Zeit noch nicht so weit vorgeschritten war, daß er den Weg hierzu hätte auffinden können. Unter Linné's großer Anzahl naturhistorischer größerer und kleinerer Schriften sind insbesondere für die Botanik

noch von großem Interesse seine Philosophia botanica und Systema, Genera und Species plantarum, die sehr viele Ausgaben und Auflagen erlebt haben und heute noch zum großen Theil brauchbar sind.

§. 25. Das Linné'sche System fand in Deutschland und Frankreich Anfangs keine günstige Aufnahme, weil in dem ersteren die Lehren des Rivinus, in Frankreich die des Tournefort's noch viele eifrigen Anhänger hatte und v. Haller, der Herausgeber der Historia stirpium indigenarum Helvetiae, ein allgemein als Autorität geltender Naturforscher, dagegen eingenommen war. Jedoch war der Widerstand in Deutschland nicht von langer Dauer, und nach den Versuchen von Chr. Gottl. Ludwig und Joh. Gottl. Gleditsch, das Linné'sche System mit den Rivinus'schen Lehren zu verbinden und eine neue Eintheilung der Pflanzen bloß von dem Stande der Staubfäden herzuleiten, wurde Linné daselbst, so wie in den Niederlanden, England, Italien und Spanien die höchste Autorität in der Botanik; in Frankreich jedoch, wo die natürlichen Methoden von Mich. Adanson und Bernard de Jussieu schnell adoptirt wurden und treffliche Bearbeiter fanden, hatte das künstliche System wenig Anhänger, obgleich man allgemein den Werth desselben zu schätzen wußte. In Deutschland wurden auch die ersten Bestrebungen gemacht, die niederen Pflanzengattungen, welche Linné nicht mit seiner gewöhnlichen Gründlichkeit untersucht und gesichtet hatte, genauer kennen zu lernen, in welcher Beziehung Jos. Gottl. Kölreuter, Kasimir Christoph Schmidel und besonders Johann Hedwig, welcher zuerst mittels starker Vergrößerung die Blüthen der Moose entdeckte und überhaupt seine botanische Thätigkeit denselben zuwendete (was seine Schriften: Fundamentum historiae naturalis muscorum frondosorum 1778 mit 20 Kupfern; Theoria generationis et fructicationis plantarum cryptogam: 1784, und verbessert und vermehrt 1798; und Descriptio et Adumbratio muscor. frondos: 1787 bis 1797 mit 160 Kupfern, so wie die Beginnung der Species muscorum frondosorum, welches Werk von Schwägrichen mit den nöthigen Supplementen erst 1830 beendigt wurde, kundgeben) Vortreffliches geleistet haben. Auf die Wichtigkeit der Nektarien und auf die Mithülfe der Insekten bei der Befruchtung machte Christ. Konrad Sprengel aufmerksam, und brachte darüber neues Licht. Linné's Hauptwerke, die Species plantarum und Systema vegetabilium, wurden in Deutschland von Joh. Joach. Reichard, Joh. Andr. Murray, Joh. Friedr. Gmelin, Karl Ludwig Willdenow, Mart. Vahl, Chr. Heinr. Persoon, Joh. Jak. Römer, Joh. Aug. Schultes und Kurt Sprengel, seine Genera plantarum von Joh. Christ. Dan. v. Schreber bearbeitet und herausgegeben.

§. 26. Im Jahr 1763 trat M. Adanson, einer der geistreichsten Botaniker, mit seinem Werk „Familles des plantes“ hervor, in welchem er in Folge seines Scharfsinnes und seiner umfassenden Kenntnisse Schemata zu mehr als 60 Systemen niedergelegt hat, die zum Theil so naturgemäß und auf so scharfe Beobachtungen und Untersuchungen gegründet sind, daß sie oft von späteren Systematikern als Grundlage benutzt worden sind. Im Jahre 1774 endlich erschien das Pflanzensystem von Bernard de Jussieu in den Mémoires de l'Académie de Paris, nach welchem die

Pflanzen im Garten von Trianon geordnet waren. Dieses System gründete sich auf die reale Entwicklung der Pflanzen, und theilte demnach dieselben zuerst nach Mangel und Anwesenheit, so wie nach der Zahl der Samenlappen (Cotyledones) ein und bildete die Klassen nach der Anheftung der Geschlechtsorgane, und wurde von Antoine Laurent de Jussieu, dem Neffen, bearbeitet und in seinen Schriften „Genera plantarum secundum ordines naturales disposita 1789" und „Principes de la méthode naturelle des végétaux 1825" weiter ausgeführt. In Frankreich trugen zur Ausbildung des natürlichen Pflanzensystems besonders Jaume St. Hilaire durch seine Exposition des familles naturelles et la germination de plantes (avec 117 planches), so wie Steph. Pet. Ventenat durch seine Taubleau de règne végétal und Ludw. Claud. Richard wesentlich bei. Unter den Deutschen, welche für die Beförderung der natürlichen Pflanzensysteme wirkten, ist besonders Jos. Gärtner, der Herausgeber des bis jetzt kaum übertroffenen Werkes „De fructibus et seminibus plantarum I 1788, II 1791 mit 180 Kupfern (von seinem Sohn C. F. Gärtner vervollständigt als Supplementum Carpologiae 1805 mit weiteren 45 Kupfern), zu nennen, dessen hierbei aufgestellte System wegen der zu feinen Unterschiede mehr ein künstliches als ein natürliches zu nennen ist; ferner wirkten hierfür Aug. Joh. Georg Karl Batsch durch seine Tabula affinitatum regni vegetabilis, C. P. Kassel durch seine Schriften „Versuch über die natürlichen Familien der Pflanzen" und „Lehrbuch der natürlichen Pflanzenordnung", Kurt Sprengel und Heinr. Friedr. Link in Deutschland, Rob. Brown und Joh. Lindley in England, Thom. Nuttal und Const. Sam. Rafinesque-Schmaltz in Nordamerika.

§. 27. Die Anatomie und Physiologie der Pflanzen wurde zwar von Linné vernachlässigt, fand aber doch schon zu dessen Lebzeiten oder kurz nach seinem Tode treffliche Bearbeiter in Jos. Gottl. Kölreuter, Wilh. Friedr. von Gleichen, Kasp. Friedr. Wolf, Georg Christ. Reichel, Joh. Hill, Hor. Bened. de Saussure, Karl Bonnet und Heinr. Ludw. du Hamel du Monceau. Durch die in neuerer Zeit stattgefundene Verbesserung der Mikroskope wurden aber diese Specialzweige der Gewächskunde mit einem weit glücklicheren Erfolge bearbeitet, wozu bereits, wie §. 25 angegeben, Hedwig den ersten Stoß gegeben hat. Den Entdeckungen und Beobachtungen der oben genannten Naturforscher folgten die von Brisseau-Mirbel, Ach. Richard, Kurt Sprengel, Heinr. Friedr. Link, K. Asm. Rudolphi, Gottfr. Reinh. Treviranus, Ludw. Christ. Treviranus, Joh. Jak. Paul Moldenhawer, Dietr. Georg Kieser und in der neuesten Zeit Hugo v. Mohl, Franz Unger, Stephan Endlicher, Franz Jul. Ferd. Meyen, Theod. Hartig, K. Friedr. Gärtner, C. H. Schulz, M. J. Schleiden, Ang. Brogniart, den beiden Brüdern Nees von Esenbeck, Desvaux, Pyram. de Candolle, Rob. Brown, F. T. Kützing u. A.

§. 28. Die Lehre von der Metamorphose der Pflanzen war bereits durch Linné in Betracht gezogen worden, erhielt aber durch Kaspar Friedr. Wolf, besonders jedoch durch Joh. Wolfg. von Göthe

(vergl. dessen Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären. 1790) eine ganz neue Gestalt. Ueber die Ernährung der Pflanzen suchten Gust. Schübler, Justus Liebig, C. Chr. Grischow, J. F. John, Karl Sprengel, A. F. Wiegmann, C. H. Schultz, C. F. de Brisseau-Mirbel, Ad. Brongniart, Andr. de Jussieu, Aubert du Petit Thouars, Alfr. Moquin-Tandon, P. J. F. Turpin, E. Spach, Gaudichaud, Andr. Comparetti, Bonav. Corti, Fel. Fontana, G. Carradori, M. J. R. Amici, Joh. Senebier, Theodor de Saussure, Is. Macaire-Prinsep, Heinr. Wydler, Joh. Ingenhouß, Karl Morven, Mart. van Marum, Ger. Vrolik, Erasm. Darwin, P. Keith, Rob. Brown u. A. genügende Erklärungen zu geben. Die von Alex. v. Humboldt begründete Pflanzengeographie wurde durch Georg Wahlenberg, Rob. Brown und J. Fr. Schouw erweitert.

§. 29. Schon zu Linné's Lebzeiten wurden nicht allein vorzügliche europäische Floren veröffentlicht, sondern auch außereuropäische Pflanzen in großer Zahl gesammelt und beschrieben. In ersterer Beziehung sind zu nennen: die von Joh. Anton Scopoli herausgegebene Flora von Krain, die Flora Oestreichs von Nik. Jos. von Jacquin, die Flora der Kurpfalz von Joh. Ad. Pollich, die Flora Herborns und der Umgegend von Joh. Dan. Leers, die Flora der Schweiz von Albr. von Haller, die Flora der Provence von Ludw. Gerard, die Flora um Montpellier von Ant. Gouan, die Flora Verona's von Franz Seguier, die Flora Spaniens von Don Joseh Guer y Martinez, die Flora Schottlands von John Lightfoot, die Flora Englands von Wilh. Hudson und die Flora Norwegens von Joh. Ernst Gunnerus, besonders aber die Flora danica, welche seit 1761 auf Kosten der Regierung erscheint und Anfangs durch Geo. Christ. von Oeder, dann nach einander durch Otto Friedr. Müller, Mart. Vahl, Jens Wilken Hornemann und Joachim Friedr. Schouw bearbeitet worden ist. In Bezug auf die außereuropäischen Pflanzen sind aus dieser Zeit zu erwähnen: Friedr. Hasselquist für Palästina, Pet. Forskål und Niebuhr für Aegypten und Arabien, Pet. Löfling für Südamerika, Pet. Kalm für Nordamerika, Phil. Commerson, welcher Bougainville bei dessen Reise um die Welt begleitete, Pet. Sim. Pallas für das europäische und asiatische Rußland, Nik. Lor. Burmann, der die Sammlungen verschiedener niederländischer Reisenden veröffentlichte, Patr. Browne, Nik. Jos. von Jacquin, Fusée Aublet für Westindien, Joh. Reinh. Forster und dessen Sohn Georg Forster, welcher Cook auf dessen zweiter Reise um die Welt begleitete.

§. 30. Nach Linné bis auf unsere Zeit herab wurden die einheimischen und ausländischen Pflanzen mit einem solchen Eifer erforscht, daß sich die Zahl derselben um mehr als das Doppelte vergrößert hat. Die Floren einzelner Länder und Gegenden wurden immer mehr veröffentlicht, so daß jetzt mit Ausschluß der Specialfloren die folgenden Bearbeitung gefunden haben:

Deutschland: durch Heinr. Adolph Schrader und durch Jakob Sturm begonnen, aber beide Bearbeitungen noch unvollständig; ferner durch Alb. Wilh. Roth, Joh. Christ. Röhling, Fr. Mertens, Wilh. Dan. Jos. Koch, Ludw. Reichenbach, Matth. Joh. Bluff, Karl Anton Fingerhuth, Mart. Balduin Kittel und Joh. Wilh. Meigen;

die Schweiz: durch Joh. Rud. Suter, Joh. Hegetschweiler und Joh. Gaudin;

Frankreich: durch Joh. Baptist Monet de Lamark und Aug. Pyr. de Candolle und durch L. A. Loiseleur-Deslongschamp und A. Mutel;

Italien: durch Anton Bertoloni, die Piemonts durch Karl Allioni, die Toskanas durch Gaët. Savi, die Sardiniens durch J. H. Moris, die Neapels durch Mich. Tenore, die Siciliens durch Ant. Bivona-Bernardi, Baron von Alta Torre, Joh. Gussone und Vinc. Tineo;

Spanien: durch Ant. Jos. Cavanilles schon im vorigen Jahrhundert, seitdem aber sehr vernachlässigt, soll aber reich an seltenen Pflanzen sein;

Portugal: durch Fel. Avellar Brotero, Joh. Cent. von Hoffmannsegg und H. Fr. Link;

England: durch John Edm. Smith (Besitzer des Linné'schen Herbariums) und Jak. Sowerby; ferner durch Wilh. Withering;

Schweden: durch J. W. Palmstruck und C. W. Venus;

Südrußland: durch Friedr. Marschal von Bieberstein und Christ. Steven;

Ungarn: durch Paul Kitaibel und Franz von Waldstein;

Griechenland: durch Joh. Sibthorp und nach dessen Tod durch Joh. Edm. Smith;

Syrien: durch Jak. Jul. Houton de la Billardière;

Mesopotamien und Persien: durch Graf Jaubert und Spach;

Sibirien: durch Karl Friedr. von Ledebour und Karl Ant. Meyer mit Beiträgen von Nik. von Turczaninow;

Japan: durch Karl Peter Thunberg und durch Ph. Fr. von Siebold;

Cochinchina und Südchina: durch Joh. de Loureiro;

Java: durch Karl Ludw. Blume und durch Thom. Horsfield;

Ostindien: durch Wilh. Roxburgh, Rich. Wight und Nath. Wallich;

Neuholland: durch Rob. Brown, Billardière u. A.;

Nordamerika: durch Andr. Michaux, Heinr. Mühlenberg, Friedr. Pursch, Joh. Torrey, Asa Gray und Sir Will. Jackson Hooker;

Mittelamerika: durch Amatus Bonpland und Alex. von Humboldt bearbeitet von Karl Siegm. Kunth;
Mexiko; durch Joh. Lexarza und Paul de la Clave, ferner durch Adalb. von Chamisso und Dietr. von Schlechtendal nach den von Schiede, Deppe und Karl Ehrenberg gesammelten Pflanzen;
Westindien: durch Ol. Swartz und Wilh. Hamilton;
Gujana und Surinam: durch Ed. Rudge, Gust. Friedr. Wilh. Meyer und Friedr. Ant. Wilhelm Miquel;
Brasilien: durch Aug. de St. Hilaire, K. Fr. Phil. von Martius, Joh. Christian Mikan, Joh. Eman. Pohl, Jos. Raddi und Ant. da Arrabida;
Chile und Peru: durch Hippol. Ruiz, Jos. Pavon und Ed. Pöppig;
Ostafrikanische Inseln: durch Peter Remig. Willemet und durch Aubert du Petit Thouars;
Westafrikanische Inseln: durch Leop. von Buch, P. Barker-Webb und Sab. Berthelot und durch R. Th. Lowe;
Aegypten und Lybien: durch Alix Raffenau de Lile, Rob. de Visiani, Domin. Viviani und J. Decaisne;
Berberei und Marokko: durch Ren. Louiche-Desfontaines und J. B. M. Poiret.
Afrikanische Westküste: durch J. A. Guillemin, S. Perrotet und Ach. Richard, durch A. M. F. J. Palisot de Beauvais, Rob. Brown und Ad. Afzelius;
Vorgebirge der guten Hoffnung: durch Pet. Joh. Bergius, Pet. Thunberg, E. F. Jarosz, H. A. Schrader, D. von Schlechtendal (nach Karl Heinr. Bergius' Sammlungen), Gust. Kauze, E. H. F. Meier (nach Drèges Sammlungen), Chr. Fr. Ecklon und Karl Zeyher.

§. 31. Die Zahl der botanischen Gärten hat indessen auch sehr zugenommen, und man findet dergleichen jetzt nicht allein an allen Universitäten, sondern auch in vielen Hauptstädten Europa's, Asiens und Amerika's. Als die umfangreichsten und am besten ausgestatteten Gärten sind die königlichen Gärten zu Wien und Schönbrunn, der königliche botanische Garten bei Berlin, der kaiserliche zu Petersburg und der der englisch-ostindischen Kompagnie in Calcutta zu nennen. Auch Herbarien d. h. Sammlungen getrockneter Kräuter sind seit Linné's Zeiten vielfach angelegt und bedeutend verstärkt worden; die wichtigsten mögen das im brittischen Institut, in den Museen zu Paris und Wien, das der Universität zu Berlin und das der Akademie zu Petersburg sein.

§. 32. Einen ungemeinen Einfluß auf die Entwicklung der Botanik haben auch die Untersuchungen, welche über einzelne Pflanzenfamilien angestellt und zum großen Theil in besonderen Monographien veröffentlicht wurden, gehabt, und besonders haben die Bearbeitungen von Aug. Pyr. de Candolle, Rob. Brown, Ant. Lor. de Jussieu und Adrian de Jussieu über eine bedeutende Anzahl natürlicher Familien hierauf gewirkt. Unter den Monographien anderer Naturforscher sind zu erwähnen:

über die kryptogamischen Gewächse im Allgemeinen die von Joh. Hedwig, G. F. Hoffmann, H. A. Schrader, Matth. H. Mohr, Dom. Nocca, Chr. Schkuhr, Kurt Sprengel, Sir Will. Jackson Hooker, Kaye Greville und Gottl. Wilhelm Bischoff;
über die Pilze die von Jak. Christ. Schäffer, Batsch, Jak. Bolton, P. Bulliard, Th. Holmskiold, Jak. Sowerby, Heinr. Jul. Tode, Chr. Heinr. Persoon, J. B. von Albertini, L. D. von Schweinitz, H. F. Link, Christ. Gottfr. Nees von Esenbeck, El. Fries, Gust. Kunze und J. Aug. Corda.
über die Algen die von Alb. Wilh. Roth, Joh. Pet. Vaucher, Lew. Weston Dillwyn, J. A. P. Ducluzeau, Jak. Phil. Raim. Draparnaud, J. V. F. Lamouroux, Joh. Stackhouse, Dawson Turner, Fr. Karl Mertens, Hans Christ. Lyngbyn, Karl Adolph Agardh, Jos. Meneghini und Fr. Traug. Kützing;
über die Flechten die von Georg Fr. Hoffmann, Er. Acharius, Fr. Gerh. Eschweiler, A. L. A. Fée, El. Fries, F. G. W. Meyer und Friedr. Wilh. Wallroth;
über die Lebermoose die von Sir Will. Jackson Hooker, Jos. Raddi, Fr. Schwägrichen, Fr. Weber, J. B. G. Lindenberg, A. J. Corda, J. W. P. Hübener, Tob. Phil. Ekart, G. W. Bischoff, J. G. Christ. Lehmann und Chr. Gottfr. Nees von Esenbeck;
über die Laubmoose die von Joh. Hedwig, Fr. Schwägrichen, Sir Will. Jackson Hooker, Sam. El. von Bridel-Brideri, Ol. Swartz, Dawson Turner, Palisot de Beauvais, N. A. Desvaux, Chr. G. Nees von Esenbeck, Fr. Hornschuch und Jak. Sturm, G. A. Walker-Arnott und R. K. Greville, J. W. B. Hübener, H. Cassebeer, Bruch, Hampe, Wilh. Schümper und Jos. de Notaris;
über die Farrnkräuter die von Jak. Edm. Smith, Ol. Swartz, Jakob Raddi, Desvaux, Wildenow, J. J. Bernhardi, G. Kunze, Geo. Fr. Kaulfuß, C. B. Preßl, Sir Will. Jackson Hooker und Rob. K. Greville, D. von Schlechtendal, Geo. von Langsdorf und Ferd. von Fischer;
über die Equiseteen die von Vaucher;
über die Lykopodieen die von Palisot de Beauvois;
über die Cykadeen die von Miquel und die von L. El. und Ach. Richard;
über die Coniferen die von L. El. und Achill. Richard;
über die Rhizantheen die von Blume, Heinr. Schott und Steph. Endlicher;
über die Gräser die von J. Ch. D. von Schreber, Nik. Thomas, Host, Palisot de Beauvais, Karl Bernh. von Trinius und K. S. Kunth;
über die Cypereen die von Schkur, Schrader und Nees von Esenbeck;

über die Centrolepideen die von Desvaux;
über die Restieen die von Palisot de Beauvois und Nees von Esenbeck;
über die Eriocauleen die von H. G. Bongard;
über die Xyrideen die von Kunth, Agardh und Desvaux;
über die Commelineen die von Achill. Richard;
über die Alismeen und Butomeen die von L. Ch. Richard;
über die Junceen die von E. Meyer, Desvoux und Joh. de la Harpe;
über die Melanthicen die von Rich. Ant. Salisbury;
über die Liliaceen die von Rich. Anton Salisbury, Adr. Hardy Haworth und P. J. Redouté;
über die von Pontedereen die von M. Raspail;
über die Hydrocharideen die von L. Cl. Richard;
über die Irideen die von Joh. Bellenden Gawler Ker;
über die Orchideen die von Ol. Swartz, L. Cl. und Achill. Richard, Aubert du Petit Thouars, P. Thunberg und Joh. Lindley;
über die Scitamineen die von Wilhelm Roscoe und Wilhelm Roxburgh;
über die Musaceen die von L. Cl. und Achill. Richard;
über die Typhaceen die von L. Cl. Richard;
über die Palmen die von C. F. P. von Martius;
über die Pipereen die von L. Cl. Richard, K. Kunth und Miquel;
über die Saurureen die von E. Meyer;
über die Callitrichineen die von Achill. Richard;
über die Podostemoneen die von L. Cl. Richard;
über die Casuarineen die von C. F. de Brisseau-Mirbel;
über die Myriceen, Betulaceen, Cupuliferen und Ulmeen die von L. Cl. und Achill. Richard;
über die Artocarpeen die von F. R. de Tussac;
über die Plataneen und Lacistemeen die von C. F. P. von Martius;
über die Salicineen die von Achill. Richard;
über die Chenopoodieen die von Ventenat und Moquin-Tandon;
über die Amarantheen die von C. F. P. von Martius;
über die Laurineen die von Chr. G. Nees von Esenbeck;
über die Eläagneen die von Achill. Richard;
über die Penäaceen die von J. B. A. Guillemin;
über die Proteaceen die von Knight (Rich. Ant. Salisbury);
über die Nepentheen die von Blume;
über die Plantagineen die von Rapin und Ventenat;
über die Valerianeen die von Pet. Dufresne;
über die Dipsaceen die von Thom. Coulter;
über die Compositae die von Marano Lagasca, Alex. Heinrich Gabr. de Cassini, Dav. Don und Chr. Fr. Lessing;
über die Calycereen die von L. Cl. Richard und Cassini;
über die Lobelieen die von C. B. Preßl;
über die Campanuleen die von Alph. de Candolle;

über die Rubiaceen die von Achill. Richard;
über die Loniceréen die von Endlicher;
über die Jasmineen und Oleaceen die von Achill. Richard;
über die Asklepiadeen die von Ad. Brongniart und Anderen;
über die Gentianeen die von Grisebach;
über die Labiaten die von G. Bentham und Aug. de St. Hilaire;
über die Stilbineen die von Kunth;
über die Globularieen die von Jak. Cambessèdes;
über die Selagineen die von J. D. Choisy;
über die Asperifolien die von Lehmann, Schrader und Don;
über die Polemonieen die von Don;
über die Hydrophylleen die von Bentham;
über die Solaneen die von Mich. Felix Dunal, A. F. Pauchet und Balsam. Crivelli;
über die Scrofularineen die von Bentham;
über die Bignonieen die von Kunth;
über die Orobancheen die von Vaucher;
über die Myrsineen die von Alph. de Candolle;
über die Doldengewächse die von Pet. Cusson, G. Fr. Hoffmann, Kurt Sprengel, Mar. Lagasca und Vinc. von Cesati;
über die Aralieen die von Achill. Richard;
über die Brunieen die von Ad. Brongniart;
über die Grossularieen die von J. L. Berlandier;
über die Menispermeen die von H. Thom. Colebrooke;
über die Myristiceen die von Thunberg;
über die Anoneen die von Dunal;
über die Magnolieen die von Blume;
über die Samydeen die von Ventenat;
über die Passifloren und Cucurbitaceen die von Aug. de St. Hilaire;
über die Malesherbieen die von Don;
über die Papayaceen die von Agardh;
über die Cacteen die von Pfeiffer, Lemaire und Miquel;
über die Portulaceen die von Aug. de St. Hilaire;
über die Malvaceen, Sterculieen, Büttnerieen und Tiliaceen die von Kunth;
über die Dipterocarpeen die von Blume;
über die Chlänaceen die von Aubert du Petit Thouars;
über die Ternströmieen die von Mirbel;
über die Clusieen und Hypericeen die von Choisy;
über die Elatineen die von Cambassèdes;
über die Reaumurieen und Tamariscineen die von Christ. Gottfr. Ehrenberg;
über die Olacieen die von Mirbel;
über die Aurantieen die von Jos. Correa de Serra, A. Risso und A. Poiteau;
über die Malpighieen die von St. Hilaire und Grisebach;
über die Erythroxyleen die von Kunth;
über die Sapindeen und Rhizoboleen die von Cambassèdes;

über die Polygaleen die von St. Hilaire und Moqin-Tandon;
über die Pittosporeen die von Putterlick;
über die Celastrineen, Ilicineen und Rhamneen die von Brongniart;
über die Empetreen die von Nuttall und Don;
über die Euphorbieen die von Joh. Röper;
über die Juglandeen, Anacardieen, Bursereen und Connareen die von Kunth;
über die Ochnaceen die von Aug. de St. Hilaire;
über die Simarubeen die von L. Cl. Richard;
über die Balsamineen die von Achill. Richard und Röper;
über die Vochysieen die von St. Hilaire und E. Meyer;
über die Alangieen und Rhizophoreen die von Walker-Arnott;
über die Philadelpheen die von Don;
über die Melastomeen die von Bonpland;
über die Myrteen die von Ventenat und J. E. Smith;
über die Leguminosen die von Kunth;

§. 33. Auch durch größere allgemeine Kupferwerke, wie das von Schkuhr, Nikol. Jos. von Jacquin und seinem Sohne Joseph Franz von Jacquin, Karl Ludw. L'Héritier de Brutelle, Ventenat, Wilh. Curtis, Joh. Sims, Sir Will. Jackson Hooker, Joh. Bellenden Gawler Ker, Joh. Lindley, Konr. Loddges, H. F. Link, Benjam. de Lessert und Ludw. Reichenbach wurde viel für die Hebung der natürlichen Pflanzenmethode gethan und dadurch, so wie auch durch die Fortschritte, welche in der Anatomie, Physiologie, Morphologie und Organologie der Pflanzen gemacht worden waren, diese Methode immer mehr und mehr verbessert, wenn gleich noch Vieles in dieser Beziehung zu erstreben ist. Die Grundsätze, welche De Candolle in seiner Theorie élémentaire de la botanique ou exposition de la classification naturelle et de l'art de décrire et d'ètuduier les végêtaux. Ed. 2. 1819 niedergelegt hat, wandte er auf seine botanischen Werke Regni vegetabilis Systema naturale 1818 und 1821 und Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis 1824 an (letzteres Werk wird unter der Mitwirkung namhafter Botaniker von dem Sohn Alph. de Candolle fortgesetzt). Ludwig Reichenbach hat besondere Ansichten über eine natürliche Pflanzenmethode, nach welcher sein Conspectus regni vegetabilis. 1828, seine Flora germanica excursoria ex affinitale regni vegetabilis naturalis disposita etc. 1830—32 und zuletzt sein „Handbuch des natürlichen Pflanzensystems nach allen seinen Klassen, Ordnungen und Familien nebst naturgemäßen Gruppirung der Gattungen oder Stamm und Verzweigung des Gewächsreiches. 1837“ bearbeitet. Fr. Th. Bartling hat in seinem Werke „Ordines naturales plantarum eorumque characteres et affinitates. 1830“ die von ihm nach Ordnungen benannten Pflanzenfamilien nicht allein ausgezeichnet charakterisirt, sondern auch geordnet. Auch John Lindley, der Verf. des Nixus plantarum 1833, C. T. Beilschmied unter dem Titel „die Stämme des Gewächsreiches 1834“ übersetzt, und des Werkes „A natural system of botany etc. 1836“, der zweiten Aufl. eines anderen unter dem Titel „An introduction of the natural system of botany, or a systematic riew of the organisation,

natural affinities etc. 1830", welches deutsch unter dem Titel „Einleitung in das natürliche System der Botanik" 1833 erschien, so wie C. Fr. Ph. von Martius in seinem Conspectus regni vegetabilis secundum characteres morphologicos praesertim carpicos in classes, ordines et familias digesti, adjectis exemplis etc. 1835, Franz Unger und nach diesem Stephan Endlicher in seinen Werken „Genera plantarum secundum ordines naturales disposita 1836—1841" und „Enchiridion botanicum exhibens classes et ordines plantarum 1841" und mit Unger in den „Grundzügen der Botanik 1843", und M. J. Schleiden in seinem Werke „die Botanik als inductive Wissenschaft 1849 und 1850" haben sich große Verdienste um die natürliche Anordnung der Pflanzengattungen erworben, und werden die Grundsätze dieser Anordnungen später bei der Systematik angegeben werden. Auch das Werk von C. F. Meißner „Plantarum vascularium genera eorumque characteres et affinitates tabulis diagnosticis exposita et secundum ordines naturales digesta. Accedit commentarius exhibens praeter adnotationes atque explicationes varias generum synonyma et indicationem librorum, in quibus descriptiones fusiores iconesque nec non specierum novarum diagnoses etc. inveniuntur 1837", so wie die von Mor. Willkomm herausgegebene „Anleitung zum Studium der wissenschaftlichen Botanik nach den neuesten Forschungen". 2 Bände 1854 und „F. T. Kützing's Grundzüge der philosophischen Botanik" 1851 und 1852 befassen sich mit der Verbesserung der natürlichen Methode, und kann namentlich das Werk des Letzteren, da es eine große Menge eigener Beobachtungen enthält, Allen empfohlen werden, welche die verschiedenen Zweige der botanischen Wissenschaft genauer studiren wollen.

§. 34. Der größeren Zahl der Förderer der Wissenschaft aus alter und neuer Zeit hat die Botanik in der Nomenklatur ein bleibendes Denkmal gesetzt, indem nach ihnen nicht allein Pflanzenarten, sondern auch Pflanzengattungen und sogar Pflanzenfamilien benannt worden sind; eine Art Ehrenbezeugung, die nur mit dem Untergang der Wissenschaft selbst eine Ende haben würde und deßhalb unseren Mitlebenden und Nachkommen in der Wissenschaft die Verdienste dieser Männer besser vergegenwärtigt, als steinerne oder metallene Denkmäler es thun würden. Um aber so viel wie möglich vollständig und übersichtlich die Namen der Männer, welche sich um die Botanik Verdienste erworben haben, kennen zu lernen, werden nachstehend die in der Kunstsprache vorkommenden Abkürzungen für die wichtigsten Autornamen angegeben:

Ach. = Acharius.
Ad. Adans. = Adanson.
Ad. Agdh. = Agardh.
Alt. = Alton.
Alb. = Alberti.
Alb. Schw. = Albertini und Schweinitz.
All. = Allioni.
Anders. = Anderson.
Andr. = Andrews.
Andrz. = Andrzeiowsky.
Ard. = Arduino.
Arn. = Arnott.
Aubl. = Aublett.
Auch. = Aucher-Eloy.
Awd. = Auerswald.
Balb. = Balbis.
Bart. = Barton.

Bartl. = Bartling.
Bast. = Bastard.
Baumg. = Baumgarten.
Beauv. oder P. B. = Palisot de Beauvois.
Bell. = Bellardi.
Benth. oder Bth. Bentham.
Berg. = Bergerot.
Berkl. = Berkeley.
Bernh. oder Bhdi. = Bernhardi.
Bert. = Bertero.
Berth. = Berthelot.
Bert. = Bertoloni.
Bess. = Beßer.
Bias. = Biasoletto.
Bieb. oder M. B. = v. Bieberstein.
Bill. oder Labill. = La Billardière.
Bir. = Biria.
Bisch. = Bischoff.
Bish. = Bishop.
Biv. = Bivona.
Bngh. = v. Bönninghausen.
Boerh. = Börhave.
Bois. = Boissier.
Boiss. = Boissieu.
Bonpl. = Bonpland.
Borkh. = Borkhausen.
Bory. = Bory de St. Vincent.
Br. (A) i. e. A. Br. = Alexander Braun.
Br. (R) i. e. R. Br. = Robert Brown.
Brid. = Bridel-Briderî.
Brign. = Brignoli v. Brunhof.
Brong. = Brongniart.
Brot. = Brotero.
Brouss. = Broussonet.
Bull. = Bulliard.
Camb. = Cambéssèdes.
Campd. = Campdera.
Cand., Dec., D. C. = A. P. de Candolle.
Cand. (A), A. Dec., A. DC. = Alph. de Candolle.
Cast. = Castagne.
Cav. = Cavanilles.
Ces. = Cesati.
Cham. = v. Chamisso.
Charp. = Charpentier.
Chav. = Chavannes.
Chev. = Chevallier.
Chois. = Choisy.
Clairv. = Clairville.
Clem. = Clemente.
Cond. = Condamine.
Coult. = Coulter.
Crtz. = Crantz.
Curt. = Curtis.
Cyr. = Cyrillo.
Danth. = Danthon.
DC. = De Candolle.
Dec. = De Candolle.
Decs. = Decaisne.
Del. = Raffineau-Delile.
Desf. = Desfontaines.
Desm. = Desmazières.
Desr. = Desrousseau.
Desv. = Desvaux.
Dicks. = Dickson.
Dietr. = Dietrich.
Dillw. = Dillwyn.
Dorth. = Dorthes.
Drap. = Draparnaud.
Dub. = Duby.
Duf. = Léon Dufour.
Duh. = Duhamel de Monceau.
Dum. = Dumortier.
Dun. = Dunal.
Dur. = Durieu.
Eckl. = Ecklon.
Edw. = Edwards.
Ehrb. = Ehrenberg.
Ehrh. = Ehrhart.
Endl. = Endlicher.
Fzl. = Fenzl.
Fic. = Ficinus.
Fisch. = v. Fischer.
F. et M. = v. Fischer und C. A. Meyer.
Forsk. = Forskål.
Forst. = Forster.
Fr. = Fries.
Fres. = Fresenius.
Gärtn. = Gärtner.
Gasp. = Gasparrini.

Gaud. = Gaudichaud.
Gawl. = Gawler Ker.
Gir. = Girardin.
Gled. = Gleditsch.
Gm., Gmel. = Gmelin.
Godr. = Godron.
Goep. = Göppert.
Gren. = Grenier.
Gr. Gdr. = Grenier u. Godron.
Godr. S. W. = Godron u. Soyer-Willemet.
Grisb. = Grisebach.
Guss. = Gussone.
Hall. = v. Haller.
Ham. = Hamilton.
Haw. = Haworth.
Her. oder l'Her. = de l'Heritier.
Hoffm. = Hoffmann.
Hffgg. = v. Hoffmannsegge.
Hffgg. L. = v. Hoffmannsegge u. Link.
Hook. = Hooker (Jackson).
Hornsch. = Hornschuch.
Hopp. = Hoppe.
Huds. = Hudson.
Hüb. = Hübener.
Humb. = v. Humboldt (Alexander).
H. B. = v. Humbold und Bonpland.
Jacks. = Jackson.
Jacq. oder Jcq. = v. Jacquin.
Jaub. Sp. = Jaubert u. Spach.
Jürg. = Jürgens.
Juss. = A. L. de Jussieu.
Juss. (A.) = Adr. de Jussieu.
K. = Koch.
Kaulf. = Kaulfuß.
Kit. = Kitaibel.
Koel. = Köler.
Kth. = Kunth.
Kze. = Kunze.
Kzg. = Kützing.
L. = Linné.
L. fil. = Linné der Sohn.
Labill. = Labillardiere.
Lag. = Lagasca.
Lam. = De la Mark.
Lamb. Lambert.
Lamx. = Lamouroux.
Lap. = Picot de la Peyrouse.
Led. oder Ledeb. = Ledebour.
Lehm. = Lehmann.
Lej. = Lejeune.
Less. = Lessing.
Lk. = Link.
Lib. = Frau Liberti.
Lightf. = Lightfoot.
Lili. = Liljeblad.
Lindb. = Lindenberg.
Lindl. = Lindley.
Lodd. = Loddiges.
Loeffl. = Löffling.
Lois. = Loiseleur-Deslongchamps.
Lour. = Loureiro.
Lyngb. = Lyngbye.
Mart. = v. Martius.
Maur. = Mauri.
Meissn. = Meißner.
Mér. = Mérat.
Mert. = Mertens.
M. K. = Mertens und Koch.
Mey. (C. A.) = C. A. Meyer.
Mey. (E.) = E. Meyer.
Michx. = Michaux.
Mik. = Mikan.
Mill. = Miller.
Miqu. = Miquel.
Mirb. = Brisseau-Mirbel.
Mnch. = Mönch.
Moq. Tand. oder M. T. = Moquin-Tandon.
Mor. = Moretto.
Moric. = Moricand.
Mhlbg. = Mühlenberg.
Murr. = Murray.
Mut. = Mutel.
Neck = Necker.
N. ab Es. = Nees von Esenbeck.
Not. = De Notaris.
Oed. = Oeder.
Ort. = Ortega.
P. B. = Palisot de Beauvois.
Parl. = Parlatore.
P. oder Pers. = Persoon.

Pet. Th. = Du Petit Thouars.
Pett. = Petter.
Poir. = Poiret.
Poit. = Poiteau.
Poll. = Pollich.
Pollin. = Pollini.
Poepp. = Pöppig.
P. et E. = Pöppig u. Endlicher.
Portsch. = Portenschlag.
Pourr. = Pourret.
Raf. = Rafinesque-Schmaltz.
Reb. = Rebentisch.
Red. = Redouté.
Rchb. = Ludw. Reichenbach.
Rchb. fil. = Gust. Reichenbach.
Req. = Requien.
Retz. = Retzius.
Rich. = Richard.
Roehl. = Röhling.
Roem. = Römer.
R. S. = Römer u. Schultes.
Roep. = Röper.
Rth. = Roth.
Rottb. = Rottboel.
Roxb. = Roxburgh.
Roy. = Royen.
Rud. = Rudolphi.
Rz. = Ruiz.
R. P. = Ruiz u. Pavon.
Salisb. = Salisbury.
Salzm. = Salzmann.
Sart. = Sartorelli.
Sauv. = Sauvages.
Schk. = Schkuhr.
Schlchtel. = v. Schlechtendal.
Schl. = Schleicher.
Schm. = Schmidt.
Schm. K. = Schmidt u. Kunze.
Schomb. = Schomburgk.
Schousb. = Schousboe.
Schrd. = Schrader.
Schrk. = Schrank.
Schrb. = Schreber.
Schult. = Schultes.
Schum. = Schumacher.
Schw. = Schwägrichen.
Scop. = Scopoli.
Seb. = Sebastiani.
Seb. Maur. = Sebastiani und Mauri.
Ser. = Seringe.
Sibth. = Sibthorp.
Sm. = Smith.
Sol. = Solander.
Soleir. = Soleirol.
Sommf. = Sommerfeldt.
Sow. = Sowerby.
Sp. = Spach.
Spr. = Sprengel.
Strnb. = Sternberg.
Stv. = Steven.
Suff. = Suffren.
Sw. = Swartz.
Targ. = Targioni.
Tsch. = Tausch.
Tayl. = Taylor.
Ten. = Tenore.
Thuil. = Thuillier.
Thbg. = Thunberg.
Tin. = Tineo.
Torr. = Torrey.
Tratt. = Trattinik.
Trautv. = Trautvetter.
Trev. = Treviranus.
Trin. = Trinius.
Turcz. = Turczaninow.
Turn. = Turner.
Turp. = Turpin.
Ung. = Unger.
Urv. = D'Urville.
Ust. = Usteri.
Vand. = Vandelli.
Vent. = Ventenat.
Vib. = Viborg.
Vill. = Villars.
Vis. = Visiani.
Viv. = Viviani.
Vrol. = Vrolik.
W = Willdenow.
Whlbg. = Wahlenberg.
Waldst. = Waldstein.
W. K. = Waldstein u. Kitaibel.
Wall. = Wallich.
Wallr. = Wallroth.
Watts. = Wattson.
Web. = Weber.

W. M. = Weber u. Mohr.
Weig. = Weigel.
Welw. = Welwitsch.
Wend. = Wenderoth
Wendl. = Wendland.
Wigg. = Wiggers.
Will. = Willemet.
Wk. = Willkomm.
Wimm. = Wimmer.
With. = Withering.
Wulf. = Wulfen.
Wydl. = Wydler.
Zahlbr. = Zahlbruckner.
Zaw. = Zawadsky.
Zoll. = Zollikofer.
Zucc. = Zuccarini.

Hülfsmittel beim Studium der Botanik.

§. 35. Die Botanik kann, wie jede andere Naturwissenschaft, nur dann mit Erfolg studirt werden, wenn der Lernende sich mit einer gewissen Menge von wirklichen einzelnen Pflanzen und deren inneren und äußeren Theilen genau bekannt gemacht hat. Diese Bekannschaft kann aber nicht durch einfaches Anschauen, sondern muß und zum Theil unter Mithülfe gewisser Agentien durch die Beobachtung mit dem bewaffneten Auge, durch die Lupe (am zweckmäßigsten nach der Wilson'schen Methode construirt) oder unter einem guten Mikroskope erworben werden. Zum Zerkleinern, Zerlegen, Anfassen und Befestigen der zu untersuchenden Pflanzen und ihrer Theile bedarf man eines feinen scharfen Messers und dergleichen Scheere, Nadeln, Zangen, Pincetten, und als chemische Hülfsmitteln insbesonders Jod (in Jodkalium-haltigem Weingeist gelöst), Schwefelsäure, Salpetersäure, Weingeist und Aether.

§. 36. Der Gebrauch des Mikroskopes ist am zweckmäßigsten unter Leitung eines geübten mikroskopischen Beobachters zu erlernen. Als allgemeine Regeln sind hierbei zu bemerken, daß die zu untersuchenden Gegenstände, wenn sie als undurchsichtig beschaut werden sollen, auf schwarzen Unterlagen und bei einer schwachen Vergrößerung beobachtet, solche aber, die als durchsichtige behandelt werden sollen, und nur wenige Pflanzengegenstände durch Befeuchten mit Wasser, Kopalfirniß oder kanadischem Balsam durchsichtigt werden, in ganz dünne Scheibchen zerschnitten, dann mittels eines Pinsels auf ein reines Glastäfelchen gebracht und hier mit reinem Wasser befeuchtet und mit einem dünnen Glastäfelchen bedeckt werden müssen. Die bei dem Gebrauche mit dem Mikroskop gemachten Beobachtungen werden durch Zeichnungen und die nöthigen schriftlichen Notizen versinnlicht und beschrieben. Auch ist es sehr zweckmäßig, die gelungenen Präparate selbst aufzubewahren, zu welchem Zwecke man kleine, höchstens ½ Linie dicke Glastafeln in einer passenden Entfernung mit zwei Streifen des feinsten Postpapiers beklebt, zwischen diese Streifen das mit Wasser befeuchtete Präparat bringt, das daran und darum überflüssige Wasser mittels eines Pinsels möglichst beseitigt, jenes nun mit einem Tropfen von einer Auflösung aus 1 Th. neutralem Chlorcalcium und 2 Th. Wasser, oder, wenn das Präparat stärkmehlhaltig ist, mit einem Tropfen chemisch-reinen Oelsüß befeuchtet, die Papierstreifen mit Gummilösung bestreicht und endlich ein zweites Glastäfelchen darüber deckt, welches durch um die Enden geklebte, zugleich zum Bezeichnen des Präparates dienende Papierstreifen haltbar gemacht wird.

§. 37. Hat der Lernende sich die genaue Kenntniß einiger Pflanzen angeeignet und sich zugleich in die allgemeinen Theile der Botanik eingearbeitet, so kann er sich dann auch in den botanischen Werken zurecht finden. Zum Selbststudium ist dann die Synopsis florae germanicae, auct. Koch. 1844, auch unter dem Titel „Taschenbuch der deutschen Flora“ erschienen, zum Anfange das empfehlenswertheste; später ist die Bekanntschaft mit den größeren Pflanzenabtheilungen, namentlich mit den Familien und Gattungen zu machen, wozu sich besonders das §. 33 erwähnte Enchiridion botanicum, auct. Endlicher, und desselben Verf. Genera plantarum, so wie Meißner's a. a. O. angeführte Werk eignen. Für das weitere Studium der Pflanzenarten müssen de Candolle's Prodromus systemat., Kunth's Enumeratio plantarum omnium hucusque cognitarum, seit 1835, und Römer's Familiarium naturalium regni vegetabilis synopses monographicae, seit 1846, oder, da diese Werke noch unvollständig und zum Theil auch unbrauchbar geworden sind, die Monographien einzelner Familien und Geschlechter benutzt werden. Für das Studium der kryptogamischen Pflanzen ist Körber's „Grundriß der Kryptogamenkunde 1840“ besonders auch wegen der darin befindlichen ausführlichen Literatur zu empfehlen. — Für den Pharmaceuten und Mediciner sind besonders noch Gottl. Wilh. Bischoff's „Medicinisch-pharmaceutische Botanik, 1847“ und M. J. Schleiden's „Handbuch der medicinisch-pharmaceutischen Botanik 1852“, so wie auch besonders für Mediciner Ph. Liaubet's „Memoranda der medicinischen Botanik 1851“ zu empfehlen. Bei den einzelnen Theilen der Botanik werden die darauf bezüglichen Werke angegeben.

§. 38. Die bildlichen Darstellungen der Pflanzen ersetzen zwar die Natur niemals ganz, erleichtern aber doch das Studium derselben sehr, besonders wenn man es mit dem der lebenden Pflanzen verbindet und sie als eine Anleitung, die Pflanzen beschauen zu lernen, betrachtet. Ist der Lernende im Stande, die Kosten für die Anschaffung wirklicher guter Kupferwerke aufwenden zu können, so werden sie ihm von wesentlichem Nutzen sein. Jedoch führt ihre Benutzung, wenn das Vorstudium mit der lebenden Pflanzenwelt mangelhaft ist, unvermeidliche Irrthümer herbei, ganz abgesehen von den mitunter völlig unrichtigen Abbildungen in den wohlfeileren Werken. Die empfehlenswerthesten Werke sind: A. Schnitzlein, Iconographia familiarum naturalium regni vegetabilis, seit 1843, und bis jetzt die Kryptogamen, Monokotyledonen und einen Theil der Dikotyledonen enthaltend, in Beziehung auf die Gattungen das von T. F. L. Nees von Esenbeck begonnene, von Putterlick, Endlicher, Spenner und Bischoff fortgesetzte Werk Genera plantarum florae germanicae, seit 1833, und W. L. Petermann's „Deutschland's Flora 1846—1850“, in Beziehung auf die Arten H. G. L. Reichenbach's Icones flores germanicae et helveticae, seit 1834 in drei Ausgaben, F. G. Hayne's „Getreue Darstellung und Beschreibung der in der Arzneikunde gebräuchlichen Gewächse, wie auch solcher, die mit ihnen verwechselt werden können“, seit 1805 und noch nicht vollendet, und T. F. L. Nees von Esenbeck's Sammlung officineller Pflanzen, 1821—1833. Auch Ed. Winkler's colorirtes Kupferwerk „Der autodidactische Botaniker“, seit 1853 erscheinend, scheint nach den ersten Heften empfehlenswerth

zu werden. Für das ausführlichere Studium der einzelnen Zweige der Botanik muß auf die daselbst angegebene Literatur verwiesen werden.

Botanische Kunstsprache; Horismologie.

§. 39. Die botanische Kunstsprache, d. h. die Kunstausdrücke bei der Beschreibung der Pflanzen und ihrer Theile (termini botanici) ist kein für sich bestehender Theil der Botanik und überhaupt nur ein Theil der allgemeinen naturgeschichtlichen Kunstsprache, und wird jetzt gewöhnlich bei der Organographie und Morphologie mit abgehandelt. Da jedoch viele Kunstausdrücke der Botanik eigenthümlich sind, viele botanische Ausdrücke sich aber auf verschiedene Pflanzenorgane beziehen, so muß denselben eine besondere Abtheilung in der Einleitung gewidmet werden.

§. 40. Die botanischen Kunstausdrücke zerfallen in allgemeine und in besondere. Die ersteren beziehen sich auf die allgemeinen Formenverhältnisse des pflanzlichen Organismus, so wie auf Größe, Farbe und Ueberzug, finden daher unter Umständen auf alle Pflanzenorgane Anwendung, während die besonderen Kunstausdrücke, zu welchen auch die wissenschaftlichen Benennungen gehören, die bestimmten Formen bestimmter Organe des Pflanzenkörpers bezeichnen. Da die wichtigsten botanischen Werke wegen der Bündigkeit des Ausdruckes und allgemeinen Zugänglichkeit für die Fachmänner aller Länder in lateinischer Sprache geschrieben worden sind, so muß die lateinische Bezeichnung bei der botanischen Kunstsprache angegeben und in dem allgemeinen Theile vorangesetzt werden.

A. Allgemeine botanische Kunstausdrücke.

§. 41. Botanische Kunstausdrücke, welche sich auf die Größe (magnitudo) des Pflanzenorganismus und seiner Theile beziehen, sind folgende:

magnus, groß.
longus, lang.
latus, breit.
altus, hoch.
elatus, durch Höhe ausgezeichnet.
giganteus, riesengroß, sehr groß.
parvus, klein.
brevis, kurz.
angustus, schmal,
humilis, niedrig.
pumilus, nanus, sehr klein.
pygmaeus, zwergartig.
exiguus, winzig klein.
orgyalis, klaftlerlang.
brachialis, ulnaris, armlang.
cubitalis, vorderarmlang.
pedalis, fußlang; bi-, tri-, quadri-, quinque-, multipedalis, zwei-, drei-, vier-, fünf u. s. w. Fuß lang.
semipedalis, einen halben Fuß lang.
sesquipedalis, anderthalb Fuß lang.
palmaris, handlang.
dodrantalis, große Spanne lang.
spithamaeus, kleine Spanne lang.
digitalis, fingerlang.
palmaris, handbreit.
pollicaris, daumenbreit.
uncialis, zolllang.
unguicularis, nagellang.
linearis, linienbreit, linienlang.
capillaris, haarbreit.
semi-, sesqui-, bi-, tri-, quadripollicaris, $1/2$, $1\,1/2$, 2, 3, 4 Zoll lang.

§. 42. Botanische Kunstausdrücke, welche sich auf die **Farbe**, color, des Pflanzenkörpers beziehen, sind:

albus, weiß.
albidus, weißlich.
candidus, rein oder glänzend weiß.
lacteus, milchweiß.
niveus, schneeweiß.
griseus, perlgrau.
cinereus, aschgrau.
plumpeus, bleigrau.
canus, weißgrau.
canescens, graulich.
flavescens, gelblich.
luteus, blaßgelb, gelb im Allg.
flavus, schön gelb.
vitellinus, dottergelb.
aureus, goldgelb.
aurantiacus, gelbroth, orange.
rubens, rubescens, röthlich.
erubescens, weiß, mit rothem Anflug.
ruber, hellroth.
carneus, fleischroth.
latericius, ziegelroth.
incarnatus, blaßroth.
miniatus, mennigroth.
cinnabarinus, zinnoberroth.
flammeus, igneus, feuerroth.
sanguineus, blutroth.
persicinus, pfirsichroth.
roseus, rosaroth.
kermesinus, karminroth.
purpureus, purpurroth.
violaceus, veilchenblau.
lilacinus, lilafarben.
azureus, dunkel, glänzendblau.
cyaneus, kornblumenblau.
coeruleus, blau im Allgem.
coelestinus, coelestis, himmelblau.
coerulescens, bläulich.
glaucus, blaugrün.
glaucescens, bläulichgrün.
viridis, grün im Allg.
pallidus, pallescens, bleich oder grünlichweiß.
stramineus, strohgelb.
luridus, schmutzig-gelb oder roth.
lividus, düster gefärbt, schmutzig-bräunlich, braungrün u. s. w.
fuscus, braun, dunkelbraun.
ferrugineus, hellbraun, rostfarben.
cinnamomeus, zimmtbraun.
rufus, rothbraun.
fuscescens, rufescens, bräunlich.
spadiceus, schwarzbraun.
nigrescens, schwärzlich oder beim Trocknen schwarz werdend.
niger, schwarz, mattschwarz.
ater, dunkel, glänzend, sammtschwarz.

dilute s. laete, hell, dilute s. laete-viridis, hellgrün u. s. w.
obscure s. saturate, dunkel, obscure s. saturate-viridis, dunkelgrün u. s. w.

Farbencombinationen werden durch Zusammenstellung beider Adjectiva, von denen das den Farbenton ausdrückende in Ablativ gesetzt wird, ausgedrückt, z. B. purpurblau durch purpureo-violaceus, gelbgrün durch flavo-viridis u. s. w. Als besondere mit der Farbe in Zusammenhang stehende Bezeichnungen sind noch anzuführen:

concolor, übereinstimmend, d. h. auf allen Seiten gleich gefärbt.
discolor, verschieden gefärbt.
unicolor, einfarbig.
bi-, tricolor, zwei-, dreifarbig.
versicolor, vielfarbig, bunt.
immaculatus, ungefleckt.
maculatus, gefleckt.
pictus, gezeichnet.
diophanus, durchsichtig, farblos.
micans, schimmernd.
lucens, stark glänzend, leuchtend.
splendens, splendidus, spiegelnd.
clarus, hell.
opacus, matt.
nitidus, nitens, glänzend.

§. 43. Kunstausdrücke, die sich auf den Geruch, odor, und Geschmack, sapor, der Pflanzen beziehen, sind:

inodorus, geruchlos.
odoratus, riechend, wohlriechend.
fragrans, angenehm duftend.
suaveolens, süß riechend.
aromaticus, gewürzhaft riechend.
graveolens, stark und ölig, auch harzig riechend.
olidus, stark, gewöhnlich übelriechend.
foetens, foetidus, stinkend.
hircinus, bockartig stinkend.
putridus, faulig riechend.
insipidus, geschmacklos.
dulcis, süß.
acerbus, sauer.
amarus, bitter.
deliciosus, delikat

§. 44. Kunstausdrücke, welche sich auf die für den Menschen (und die Thiere) nützliche oder schädliche Eigenschaften der Pflanzen beziehen, sind:

innocuus, unschädlich.
nocivus, schädlich.
malignus, bösartig.
virosus, venenosus, giftig.
narcoticus, narkotisch.
emeticus, vomicus, brechenerregend.
sceleratus, sehr giftig.
officinalis, medicus, als Heilmittel dienend.
oleraceus, als Gemüse nutzbar.
sativus, als Nahrungsmittel dienend.

§. 45. Kunstausdrücke, welche sich auf das äußerliche Ansehen des ganzen Organismus oder eines Organs der Pflanzen beziehen, sind:

inconspicuus, unansehnlich.
insignis, ausgezeichnet.
speciosus, sehr ansehnlich, groß und schön.
superbus, von imponirender Gestalt.
modestus, von bescheidenem Ansehen.
formosus, } schön.
pulcher, }
elegans, zierlich.
gracilis, schmächtig und zierlich.
amoenus, anmuthig.
deformis, häßlich.

§. 46. Kunstausdrücke, welche sich auf den Ueberzug, indumentum, und die Oberfläche, superficies, der Pflanzen und ihrer äußeren Theile beziehen, sind:

nudus, nackt, ohne Ueberzug, auch ohne Blätter.
pruinosus, bereift, d. h. mit einem feinen, staubartigen, meist bläulichen Anflug, pruina, von Wachskügelchen überdeckt.
farinosus, mehlig, d. h. mit einer dickeren, mehlartigen Lage von Wachs überzogen.
furfuraceus, kleiig, d. h. mit einem schuppigem, sich abschürfenden Ueberzuge von Wachs versehen.
glutinosus, klebrig, d. h. mit einer harzigen, klebrigen, gefärbten und glänzenden Substanz überzogen.
viscosus, viscidus, mit einer sehr klebrigen, farblosen, zähen Flüssigkeit bedeckt.
lepidotus, mit façettenartigen oder schildförmigen Schuppen bedeckt.
papillosus, mit kleinen, wasserhellen Hervorragungen (Ausbauchungen der Epidermiszellen) versehen.

glaber, ohne Haare. pilosus, haarig.
furcato-pilosus, mit gablig zertheilten Haaren bedeckt.
stellato-pilosus, mit sternförmigen Haaren bedeckt.
pubescens, flaumhaarig, d. h. mit kurzen, weichen Haaren besetzt.
puberulus, kleinflaumig, d. h. mit ganz kurzen weichen Häärchen versehen.
hirsutus, rauchhaarig, d. h. mit langen, abstehenden, geraden, aber weichen Haaren bekleidet.
villosus, zottig, d. h. mit langen, weichen, gebogenen, mehr oder minder liegenden Haaren bedeckt.
lanuginosus, wollähnlich, d. h. mit langen, biegsamen, weichen, flockig beisammenstehenden Haaren bekleidet.
sericeus, seidenhaarig, d. h. mit angedrückten, dicht über einander liegenden, seidenglänzenden, weichen Haaren versehen.
lanatus, wollig, d. h. mit sehr langen, gebogenen, weichen Haaren bekleidet.
holosericeus, sammtartig, d. h. mit kurzen, abstehenden, seidenglänzenden, sehr dicht gestellten Häärchen besetzt.
tomentosus, filzig, d. mit kurzen gebogenen und unter einander verwirrten Haaren bestreut.
bombycinus, baumwollig, d. h. mit einem dicken, aber lockeren Ueberzug von weißen, wolligen, untereinander verwirrten Haaren besetzt.
arachnoideus, spinnenwebartig, d. h. mit wolligen Fäden wie mit Spinnenweben überzogen.
strigosus, striegelig, d. h. mit steifen angedrückten Haaren besetzt.
setosus, borstig, d. h. mit langen, steifen, spröden Haaren besetzt.
muricatus, weich- oder krautstachelig, d. h. mit stechenden, aber weichen und biegsamen Hervorragungen versehen.
aculeatus, stachelig. spinosus, dornig.
armatus, bewaffnet, d. h. mit Stacheln oder Dornen versehen.
inermis, unbewaffnet. verrucosus, warzig.
horridus, von Stacheln oder Dornen starrend.
glandulosus, drüsig. eglandulosus, ohne Drüsen.
punctatus, punktirt, d. h. mit vertieften oder erhabenen Punkten besetzt.
rimosus, rissig. foveolatus, grubig. alveolatus, zellig.
exaratus, mit tieferen, unregelmäßigen Gruben und Furchen versehen.
striatus, gestreift, d. h. mit feinen, schwach erhabenen oder vertieften Linien versehen.
sulcatus, gefurcht, d. h. von stark vertieften rinnenartigen Streifen durchzogen.
rugosus, runzelig. cicatricosus, narbig. asper, exasperatus, rauh.
reticulatus, netzartig, d. h. mit erhabenen, netzförmig verbundenen Leisten besetzt.
laevis, glatt, d. h. ohne Vertiefungen oder Erhöhungen.
scaber, scharf durch kleine scharfe hervorragende Zacken besonders an den Rändern.

§. 47. Kunstausdrücke, welche sich auf die Consistenz des Organismus oder eines Organs der Pflanzen beziehen, sind:
solidus, dicht, voll. fistulosus, hohl.

durus, hart.
mollis, blandus, weich.
corneus, hornartig.
ceraceus, wachsartig.
lignosus, holzig.
coriaceus, lederartig.
membranaceus, häutig.
scariosus, trockenhäutig und bei der Berührung einen raschelnden Ton von sich gebend.
carnosus, fleischig.
succulentus, saftig.
rigidus, starr.
elasticus, elastisch.
flexilis, biegsam.
fragilis, zerbrechlich.

§. 48. Kunstausdrücke, welche sich auf die linienförmige Ausdehnung der Pfanzen beziehen, sind:
capillaris, haarförmig, d. h. lang, fein und biegsam.
filiformis, fadenförmig.
elongatus, verlängert.
funiformis, seilförmig
extensus, ausgedehnt, gestreckt.

§. 49. Kunstausdrücke, die sich auf die flächenförmige Ausdehnung der Pflanzenorganen beziehen, sind:
rotundus, orbiculatus, rund, kreisförmig.
ellipticus, elliptisch.
oblongus, länglich, d. h. von der Form einer in die Länge gedehnten Ellipse.
ovalis, von der Form einer an beiden Enden stumpfspitzigen Ellipse.
ovatus, eiförmig oder von der Form einer an dem einen Ende in eine Spitze ausgezogenen Ellipse, wo der größte Durchmesser in dem unteren Drittheile liegt.
obovatus, dieselbe Form, aber umgekehrt, so daß der größte Durchmesser in dem oberen Drittheile liegt.
spathulatus, spatelförmig.
flabelliformis, fächerförmig.
lanceolatus, lanzettförmig, d. h. von der Form eines in die Länge gezogenen Ovals.
vittatus, fasciatus, band- oder streifenförmig.
linearis, schmal und lang, von parallelen Linien begrenzt.
triangularis, deltoïdeus, dreieckig.
dilatatus, verbreitert.
trapezoïdeus, viereckig mit ungleichen Seiten.
pentagonus, hexagonus u. s. w., fünfeckig, sechseckig.

§. 50. Kunstausdrücke, welche sich auf die körperliche Ausdehnung der Pflanzenorgane beziehen, sind:
globosus, sphaericus, kugelig.
cubicus, würfelig.
conicus, kegelförmig.
cylindricus, walzenförmig.
acinaciformis, säbelförmig.
incrassatus, verdickt, angeschwollen.
tumidus, intumescens, schwellend.
clavatus, keulenförmig.
fusiformis, spindelförmig.
napiformis, rüben- oder rettigförmig.
mamillaris, brustwarzenförmig.
dolabriformis, hobelförmig.
tuberosus, knollig verdickt.
constrictus, contractus, eingeschnürt.

§. 51. Kunstausdrücke, welche sich auf massige oder stielartig verlängerte Körper beziehen und von der Form des Querschnittes abhängig sind:
teres, stielrund, wie ein Kreisdurchschnitt.
semiteres, halbrund, wie ein Halbkreisdurchschnitt.
compressus, zusammengedrückt, wie ein Ellipsendurchschnitt.
anceps, zweischneidig mit ovaler oder lanzettförmiger Schnittfläche.

trigonus, stumpf dreikantig. angulatus, eckig, kantig.
tetragonus, stumpf vierkantig. obtusangulus, stumpfkantig.
triqueter, scharf dreikantig. acutangulus, scharfkantig.
tetraqueter, scharf vierkantig. canaliculatus, rinnenförmig.

§. 52. Die Kunstausdrücke, welche die sehr verschiedenen Formen der Regionen, d. h. den Grund, basis, die Spitze, apex, und die besonders bei flächenförmigen Ausdehnungen den Grund und die Spitze verbindenden Ränder, margines, bezeichnen, sind:

a) für die Formen des Grundes;

rotundatus, zugerundet, abgestumpft.
acutus, spitz, in einen Winkel mit convexen Schenkeln auslaufend.
attenuatus, verschmälert, in einen Winkel mit concaven Schenkeln auslaufend.
cordatus, herzförmig, mit einem einspringenden Winkel, welcher spitz ist, und abgerundeten Lappen zu beiden Seiten des Anheftungspunktes.
reniformis, nierenförmig, mit einem einspringenden stumpfen weit ausgebuchteten Winkel und abgerundeten Lappen.
sagittatus, pfeilförmig, mit einem spitzen Winkel und spitzen Lappen (verbunden mit einem dreieckigen Umriß).
hastatus, spießförmig, mit einem spitzen Winkel und spitzen oder stumpfen, nach auswärts gebogenen Lappen (verbunden mit einem lanzettförmigen Umriß des oberen Theils).
auriculatus, geöhrt, d. h. zu beiden Seiten des basilaren Winkels mit ohrförmigen Lappen versehen (nur bei Blättern).

b) für die Formen der Spitze;

acutus, spitz, in einen spitzen Winkel ausgedehnt.
acutatus, allmählig zugespitzt, mit geraden Rändern oder ebenen Flächen.
acuminatus, zugespitzt, mit concaven Rändern oder Flächen.
subulatus, pfriemenförmig, in eine feine Spitze allmählig ausgezogen (besonders bei stielrunden Formen).
mucronatus, stachelspitzig, d. h. gegen die Spitze abgerundet und in der Mitte plötzlich in eine kurze Spitze ausgedehnt.
apiculatus, spitzentragend, dieselbe Form mit verlängerter Spitze.
obtusus, stumpf. rotundatus, abgerundet.
retusus, abgestumpft, an der Spitze von einer geraden, an beiden Enden abgerundeten Linie oder von einer ebenen, an beiden Seiten gebogenen Fläche begrenzt.
truncatus, abgestutzt, wie abgeschnitten.
emarginatus, ausgerandet, abgestumpft, mit einem stumpfen oder spitzen einspringenden Winkel von geringer Tiefe.
excisus, ausgeschnitten, mit einem tiefer einspringenden Winkel.
obcordatus, verkehrt herzförmig, d. h. die Spitze eben so geformt wie der Grund bei der herzförmigen Form.
fissus, gespalten, d. h. durch einen oder durch mehrere sehr spitze einspringende Winkel in kurze spitze Lappen getheilt.

c) für die Formen des Randes;

integer, ganzrandig, ohne ein- oder ausspringende Winkel von geraden oder convexen Linien begrenzt.

serratus, gesägt, durch einspringende Winkel in Zacken getheilt, die wie die sie trennenden Winkel spitz sind.

crenatus, gekerbt, wie die vorige Form, aber bloß die einspringenden Winkel spitz, die Zacken oder sog. Kerbzähne, crenae, abgerundet oder stumpf.

dentatus, gezähnt, die Zacken, dentes, spitz, die sie trennenden Winkel stumpf und ausgeschweift.

repandus, ausgeschweift, spitze stumpfe Zähne durch seichte weite Einsprünge geschieden.

sinuatus, ausgebuchtet, abgerundete große Zacken oder sog. Lappen, lobi, durch tiefe große ausgerundete Winkel oder sog. Buchten, sinus, geschieden.

runcinatus, schrotsägeförmig, in große spitze, nach der Basis der Form gekehrte Zacken zertheilt, welche durch spitze Winkel getrennt sind.

incisus, tief eingeschnitten.

erosus, ausgefressen, ausgebissen, mit unregelmäßig geformten kleinen Zacken und Buchten versehen.

fimbriatus, gefranzt, in feine, lange, schmale, streifenartige Zacken, sog. Franzen, fimbriae, zertheilt.

ciliatus, gewimpert, entweder noch feiner zerschnitten, als bei der gefranzten Form, oder ganzrandig, aber am Rande mit Haaren, sog. Wimperhaaren, ciliae, besetzt.

§. 53. Kunstausdrücke, welche sich auf die Zertheilung flächenförmiger Gebilde beziehen, sind:

fissus, gespalten, bis zur Hälfte oder weniger tief getheilt; die einzelnen abgetheilten Stücke heißen Lappen, laciniae, wenn sie spitz, lobi, wenn sie abgerundet sind, weßhalb man auch diese Formen mit laciniatus oder lobatus bezeichnet.

partitus, getheilt, bis über die Hälfte oder bis zu zwei Drittheil, jedoch nicht tiefer zertheilt; die einzelnen Stücke werden Theilstücke, partitiones, genannt.

sectus, zerschnitten, bis zur Basis getheilt; die einzelnen Theile werden Abschnitte, segmenta, genannt.

bi-, tri-, quadri-, multifidus, zwei-, drei-, vier-, vielspaltig.

bi-, tri-, quadri-, multilobus, zwei-, drei-, vier-, viellappig.

bi-, tri-, quadri-, multipartitus, zwei-, drei-, vier-, vieltheilig.

bi-, tri-, quadri-, multisectus, in zwei, drei, vier, viele Abschnitte getheilt.

§. 54. Kunstausdrücke für die Formen, welche durch die Anordnung der Theilstücke hervorgerufen werden, sind:

palmatifidus, handförmig gespalten, palmatilobus, handförmig gelappt, palmatipartitus, handförmig zertheilt, palmatisectus, handförmig zerschnitten,	bei im Umriß rundlichen Flächen, welche in fünf gleichförmige Stücke getheilt sind;
pinnatifidus, fiederförmig gespalten, pinnatilobus, fiederförmig gelappt, pinnatipartitus, fiederförmig zertheilt, pinnatisectus, fiederförmig zerschnitten,	bei im Umriß länglichen Flächen, welche von beiden Seitenrändern her in gleichförmig einander entgegengesetzte oder in zwei Reihen angeordnete Stücke getheilt sind.

bi-, tripinnatifidus; bi-, tripinnatipartitus und bi-, tripinnatisectus, wenn die einzelnen Theilstücke, die sog. Fiedern, pinnae, in derselben Weise noch ein- oder zweimal getheilt sind.

palmatus, handförmig, in Form einer ausgebreiteten Hand in fünf Stücke zertheilt.

digitatus, fingerförmig, in eine Anzahl, fünf oder mehr schmale ganzrandige Lappen zertheilt, welche strahlenartig um einen Punkt angeordnet sind.

pedatus, fußförmig, dasselbe, was handförmig, jedoch geht die Theilung bis auf den Grund.

lyratus, leierförmig, wenn bei fiederförmiger Zertheilung der Theilstücke von ungleicher Größe diese so angeordnet sind, daß die kleinsten der Basis zunächst stehen, nach der Spitze hin immer größere folgen und die Spitze endlich von dem größten Theilstücke gebildet wird.

lyrato-lobatus, leierförmig gelappt. lyrato-partitus, leierförmig getheilt.

§. 55. Kunstausdrücke, welche sich auf die Form hohler Gebilde beziehen, sind:

tubulosus, röhrenförmig.
clavatus, keulenförmig.
campanulatus, glockenförmig.
urceolatus, krugförmig.
lagenaeformis, flaschenförmig.
infundibuliformis, trichterförmig
cupulaeformis, becherförmig.
patellaeformis, tellerförmig.

hypocrateriformis, präsentirtellerförmig, d. h. eine cylindrische Röhre geht am Schlunde in einen horizontal ausgebreiteten runden Saum über und bildet so die Form der mittelalterlichen Präsentirteller oder neuerer Kuchenassietten.

rotatus, radförmig, wie vorige Form, aber mit kurzer oder gar keiner Röhre.

cucullatus, kapuzenartig.
calcaratus, spornförmig.
saccatus, sackförmig.
vesiculosus, blasenförmig.
inflatus, aufgeblasen.

§. 56. Kunstausdrücke, welche sich auf die Anordnung und Stellung ganzer Organe beziehen, sind:

alternus, alternans, abwechselnd.
oppositus, entgegengesetzt.
verticillatus, quirlförmig.
distichus, zweireihig, zweizeilig.
monostichus, einreihig, einzeilig.
tristichus, dreireihig, dreizeilig.
tetrastichus, vierreihig, vierzeilig.
pentastichus, fünfreihig, fünfzeilig.
polystichus, vielreihig, vielzeilig.
decussatus, über's Kreuz gestellt.

pinnatus, bi-, tripinnatus, einfach-, zweifach-, dreifach-gefiedert.

imparipinnatus, unpaarig gefiedert, wie z. B. wenn ein gefiedertes Blatt an der Spitze ein einzelnes Blättchen trägt.

pari- s. abrupte pinnatus, paarig gefiedert, wenn an der Spitze sich kein einzelnes Blättchen befindet.

interrupte pinnatus, unterbrochen gefiedert, wenn kleinere Blättchen mit größeren wechseln.

accrescenti pinnatus, wenn bei paariger Fiederung die Blättchen von verschiedener Größe und die kleinsten an der Basis, die größten an der Spitze stehen.

decrescenti pinnatus, wenn bei paariger Fiederung die verschieden großen Blättchen in umgekehrter Richtung stehen.
lyrato-pinnatus, leierförmig gefiedert mit einem sehr großen Blättchen an der Spitze.
capitatus, kopfförmig. umbellatus, doldenförmig.
corymbosus, doldentraubig. cymosus, trugdoldenförmig.
racemosus, traubenförmig. paniculatus, rispenförmig.
spicatus, ährenförmig. glomeratus, knaulförmig.
amentaceus, kätzchenförmig. thyrsoideus, straußförmig.
approximatus, genähert, nahe zusammengestellt.
confectus, gehäuft, dicht zusammengedrängt.
fasciculatus, büschelförmig. rosulatus, rosettenförmig.
remotus, entfernt. caespitosus, rasenförmig.
imbricatus, dachziegelförmig, d. h. wie die Ziegeln eines Daches über einander liegend.
regularis, regelmäßig. irregularis, unregelmäßig. symmetricus, symmetrisch.

§. 57. Kunstausdrücke, welche sich auf die **Richtung und die Lage der Organe** beziehen, sind:
perpendicularis, senkrecht. horizontalis, divergens, wagerecht.
strictus, straff, steif und in senkrechter Richtung emporgerichtet.
erectus, aufrecht, senkrecht bis 10° von der senkrechten Linie abweichend.
arrectus, fast senkrecht, emporgerichtet und so, daß die Spitzen der aufstrebenden Theile der Axe oder senkrechten Linie genähert sind.
patulus, abstehend, 45 bis 50° von der senkrechten Linie abweichend; also Mittelrichtung zwischen senkrecht und wagerecht.
divaricatus, gespreizt, unter einem Winkel von 40 bis 50° dem Boden zugeneigt.
reflexus, zurückgeschlagen, unter einem Winkel von 70 bis 80° nach dem Boden geneigt.
obliquus, schief (bei Wurzeln). flexuosus, hin und her gebogen.
volubilis, schlingend, sich windend. scandens, kletternd.
spiraliter tortus, seilförmig gedreht.
adscendens, aufsteigend, an der Basis einen Bogen beschreibend und dann gerade aufrecht emporstrebend.
prostratus, humifusus, niedergestreckt, flach auf dem Boden liegend.
repens, reptans, kriechend. curvatus, gekrümmt.
contortuplicatus, so zusammengekrümmt, daß das Ende neben dem Anfang liegt (vorzüglich bei Wurzeln).
cernuus, an der Spitze nach der Seite gebogen oder geneigt.
nutans, nickend, stärker geneigt, so daß die Spitze nach dem Boden schaut.
declinatus, umgebogen, noch stärker an der Spitze gebogen.
fastigiatus, gegipfelt, von mehreren Theilen, wie Aesten oder Blüthen, deren freie Enden in einer mehr oder weniger horizontalen Ebene liegen.
pendulus, hängend.
heteromallus, nach verschiedenen Seiten gewendet.
unilateralis, secundus, homomallus, nach einer Seite gewendet.

§. 58. Kunstausdrücke, die sich auf die Dauer der Pflanzentheile beziehen, sind:

persistens, stehenbleibend, wenn ein Theil länger ausdauert, als dies sonst der Vegetationsgang mit sich bringt.
caducus, hinfällig, wenn er sich in einem Gelenke von seinem Anheftungspunkte trennt.
deciduus, abfallend, wenn er ohne Gelenk mit benachbarten Theilen abfällt.
marcescens, welkend, wenn er stehen bleibt und vertrocknet.
fugax, flüchtig, wenn er schnell vergeht.
ephemerus, eintägig, wenn ein Theil nur einen Tag dauert.
praecox, früh, wenn ein Theil früher erscheint, als ein anderer.
coaetaneus, gleichzeitig, wenn mehrere Theile zugleich erscheinen.
serotinus, spät, wenn ein Theil später, als ein anderer, erscheint.

B. Kunstausdrücke bei den einzelnen Pflanzentheilen.

§. 59. Die Wurzel, radix, ist die mit Fasern oder Zasern, fibrae, versehene Fortsetzung des Stammes nach unten, mit welcher er in die Erde befestigt ist. Der Punkt, wo Wurzel und Stamm zusammenhängen, heißt der Hals, collum, oder wenn er sich stärker entwickelt, der Wurzelstock, rhizoma, cormus. Starke Anschwellungen am unteren Ende des Stammes, welche mehr zum Stamme als zu den Wurzeln gehören, heißen Knollen, tuber; wenn sie compact und mit einer anliegenden oder losen Haut versehen sind, tuber tunicatum; Zwiebel, bulbus, wenn um einen festen Kuchen, placenta, eine Anzahl von Schuppen, die Ueberreste der Blattansätze, gelagert sind und das Ganze eine mehr oder weniger birnförmige Gestalt hat; Zwiebelknollen, bulbo-tuber, aber, wenn sie ihrer Substanz nach Knollen, ihrer Form und äußeren Bedeckung nach Zwiebeln sind. Wurzeln, radices aëreae, Knöllchen, tubercula, und Zwiebelchen, bulbuli, kommen auch am oberen Stamme, die letzteren vorzüglich in den Blatt- und Zweigachseln und zwischen den Blüthen vor. — Der Form nach werden die Wurzeln unterschieden: in spindelförmige Wurzeln, radices fusiformes, wenn sie langgezogen kegelförmig sind, in abgebissene Wurzeln, radices praemorsae, wenn sie dabei am Ende abgestutzt erscheinen, und in faserige Wurzeln, radices fibrosae, wenn sie sich ohne beträchtliche Anschwellungen in eine Anzahl Zasern theilen; der Substanz nach in holzige Wurzeln, radices lignosae, welche fest und trocken sind, und in fleischige Wurzeln, radices carnosae, die weich und saftig sind; der Dauer nach in einjährige W., r. annuae (☉), zweijährige W., r. biennes (♂) und mehrjährige oder perennirende W., r. perennes (♃), der Richtung nach in senkrechte W., r. verticales s. perpendiculares, und in wagerechte W., r. horizontales, die, wenn sie viele Nebenzasern und Sprossen treiben, kriechende W., r. reptantes s. repentes, und, wenn diese Zasern und Sprossen in gewissen Abständen von einander befindlich sind, sprossende W., r. soboliferae s. germinantes genannt werden.

§. 60. Der Stamm, truncus, caulis, hat nach der verschiedenen Beschaffenheit der Gewächse und seiner selbst verschiedene Benennungen. Baum, arbor, truncus arboreus (♄), ist ein einfacher holziger Stamm; der Strauch, frutex, truncus fruticosus (♄), ist ein Gewächs, welches mehrere holzige Stämme aus einer gemeinschaftlichen Wurzel treibt. Gewächse, deren Stamm nur zum Theil holzig, zum Theil aber krautartig ist, heißen Halbsträucher oder Staudengewächse, suffrutices, plantae suffruticosae, caules suffruticosi; Gewächse mit weichem und jährlich absterbenden Stamme oder Stengel, Kräuter, herbae, plantae herbaceae, caules herbacei. Bei einzelnen Pflanzenfamilien erhält der Stamm besondere Benennungen, so der Stengel der Gräser, Cypergräser und verwandter Familien Halm, culmus; der bloß Blüthen und Früchte, aber keine Blätter tragende Stengel, wie bei den Narcissen und Hyacinthen, Schaft, scapus; der Stamm der Palmen und anderer monokotyledonischer Bäume, der Farrenkräuter und Pilze Strunk, caudex für die beiden ersteren, stipes für die beiden letzteren; der blattartige Stamm der Farrenkräuter und Algen Laub, frons; der der Flechten Lager, thallus, und der der Laub- und Lebermoose Trieb, surculus. Stämme und Zweige, welche niederliegen und hier und da Wurzeln schlagen, heißen Ranken, sarmenta, einjährige unvollkommene Triebe aber Sprossen, turiones. — In Beziehung auf die Gestalt und die Richtung des Stammes gebraucht man die unter den allgemeinen botanischen Kunstausdrücken bereits angeführten. Ein kriechender Stamm ist ein solcher, der an der Erde liegend Wurzeln treibt, ein rankender Stamm ein solcher, der beim Niederliegen absatzsweise Wurzeln und Sprossen treibt, und ein wurzelnder Stamm ein solcher, welcher klettert oder aufrecht steht und dabei Wurzeln treibt. — In Hinsicht auf die Theilung des Stammes heißen die älteren stärkeren Abtheilungen Aeste, rami, die jüngeren schwächeren Zweiglein oder Aestchen, ramuli. Theilen der Stamm und die Aeste sich wiederholt zweifach, so heißt er ein gabeliger Stamm, truncus s. caulis dichotomus, bei dreifacher Theilung truncus s. caulis trichotomus. Wiederholen sich hingegen die Theilungen des Stammes und der Aeste unregelmäßig, so heißen sie zwei-, drei-, viel-spaltig oder theilig, bi-, tri-, multi-fidus oder partitus. Ruthenförmig, virgati, heißen die Zweige, wenn sie lang und dünn sind. In Bezug auf die Richtung der Aeste und Zweige kommen die unter §§. 56—57 angeführten Kunstausdrücke in Anwendung.

§. 61. Das Blatt, folium, heißt in unentwickeltem Zustande Knospe oder Auge, gemma; derjenige Theil, mit dem es oft an dem Stamme oder an den Zweigen befestigt ist, der Blattstiel, petiolus, und der obere Winkel, welchen das Blatt oder der Blattstiel mit dem Stamme oder den Zweigen bildet, die Achsel, axilla. Bisweilen schlagen die Blätter fehl und statt deren entwickeln sich dann die Blattstiele blattartig, die in solchen Fällen Scheinblätter, phyllodia, benannt werden. Blätter und Blattstiele hinterlassen am Stamme und an den Zweigen oft Warzen, verrucae, und Narben cicatrices; die Ueberreste der Blätter und Knospen bilden den Blattabgang, ramentum; die meist cylindrische Fortsetzung des Blattes, welche den Stengel unterhalb

des Blattes umgibt, heißt die Scheide, vagina, wenn sie aber oberhalb des Blattes steht, der Stiefel, ochrea; das in der Nähe der Blätter stehende blattartige Organ das After- oder Nebenblatt, der Blattansatz, stipula. Im Allgemeinen unterscheidet man bei dem Blatte den Anheftungspunkt oder die Basis, basis, als denjenigen Theil, mit welchem das Blatt am Stiele, Stengel oder Zweige befestigt ist, den diesem entgegengesetzten Theil, die Spitze, apex, und den Rand, margo, als den äußeren Umfang von der Mitte oder Scheibe, discus, so wie die obere und untere Blattfläche.

In Bezug auf die Stellung und Richtung der Blätter unterscheidet man:

folia opposita, entgegengesetzte oder gegenüberstehende Blätter, wenn je zwei aus derselben Gegend des Stengels oder Zweiges einander gegenüber entspringen;

fol. alterna s. alternantia, abwechselnde Blätter, wenn sie in Zwischenräumen, das eine Blatt auf dieser, das andere auf jener Seite, hervorkommen;

fol. decussata, gekreuzte Blätter, wenn entgegengesetzte Blätter abwechselnd nach zwei Seiten stehen;

fol. verticillata s. stellata, quirl- oder sternförmige Blätter, wenn mehr als zwei Blätter in einer Ebene um den Stamm oder Zweig stehen, die nach ihrer Zahl in folia terna, sena, octona etc., drei-, sechs-, acht- u. s. w. zählende Blätter unterschieden werden;

fol. sparsa, zerstreute Blätter, wenn sie ohne Ordnung stehen;

fol. conferta, gedrängte Bl., wenn sie ohne Ordnung dicht bei einander stehen;

fol. fasciculata, büschelförmige Bl., wenn mehrere aus einem Punkte entstehen, fol. disticha, zweizeilige Bl., wenn sie auf zwei entgegengesetzten Seiten jederseits in einer Linie stehen;

fol. imbricata, dachziegelförmige Bl., wenn sie so zusammen gedrängt stehen, daß das untere zum Theil das obere bedeckt;

fol. secunda, homomalla, einseitige Bl., sind solche, die sich nach einer Seite richten, fol. adpressa, angedrückte Bl., aber solche, die sich mit der Spitze kaum oder gar nicht vom Stamme entfernen;

fol. erecta, patentia s. squarrosa, divergentia, brachiata, divaricata und deflexa, aufrechtstehende, offenstehende oder sparrige, ausgebreitete, armförmige, ausgesperrte und niedergeschlagene Bl. finden ihre Erklärung in dem allgemeinen Theile;

fol. incurva und recurva, einwärts- und zurückgekrümmte Bl., wenn sie nach oben oder nach unten gebogen sind;

fol. obliqua, schiefstehende Blätter.

In Bezug auf die Anheftung der Blätter hat man zu unterscheiden:

fol. petiolata, gestielte Bl., wenn sie mittels eines Stieles mit dem Stamme oder Zweige verbunden sind;

fol. sessilia, sitzende oder ungestielte Bl., wenn der Stiel fehlt;

fol. amplexicaulia, stengelumfassende Bl., wenn die Blattsubstanz an der Basis den Stengel oder Zweig umgibt;

fol. connata s. perfoliata, zusammengewachsene Bl., wenn stengelumfassende Blätter zugleich gegenüber stehen;
fol. adnata, angewachsene Bl., wenn die ganze Basis, fol. basi soluta, an der Basis gelöste Bl., wenn nur der mittlere Theil mit dem Stengel oder Zweige verwachsen ist;
fol. decurrentia, herablaufende Bl., wenn die Blattsubstanz am Stiele oder Stengel sich fortsetzt, fol. equitantia, reitende Blätter, wenn die Basis an beiden Seiten des Anheftungspunktes sattelförmig verlängert ist, fol. vaginantia, scheibenförmige Bl., wenn die Blattsubstanz den Stengel oder Zweig röhrenförmig umgibt.

Wegen der Form der Blätter hat man zu unterscheiden:
fol. orbiculata, kreisrunde Bl. und fol. rotunda, runde Bl.;
fol. ovata und ovalia, eiförmige und elliptische Bl., fol. oblonga, längliche Bl., fol. lanceolata, linearia, spathulata, cuneata, triangularia, rhomboidea, trapezoidea, reniformia und ensiformia, lanzett-, linien-, spatel-, keilförmige, dreieckige, rhomboidische, trapezoidische, nierenförmige und schwertförmige Blätter;

in Bezug auf die Spitze des Blattes aber
fol. obtusa, acuta und acuminata, stumpfe, zugespitzte und lang zugespitzte Bl., fol. cuspitata und mucronata, borstig zugespitzte und stachelig-stumpfe Bl., fol. truncata und praemorsa, abgestutzte und abgebissene Bl., fol. emarginata, retusa und obcordata, ausgerandete, schwachausgerandete und herzförmige Bl., fol. obovata, umgekehrt eiförmige Bl.

Wegen des Zustandes des Randes der Blätter hat man zu unterscheiden:
fol. integerrima, ganzrandige Bl., fol. dentata, serrata, retrorsum serrata, duplicato-serrata, crenata und erosa, gezähnte, einfach-, rückwärts- und doppelgesägte, gekerbte und ausgefressene Bl.;
fol. involuta und revoluta, eingerollte und zurückgerollte Bl., wenn die Ränder nach der oberen oder nach der unteren Fläche gerollt sind, fol. conduplicata, zusammengeschlagene Bl., wenn die Ränder flach zusammengelegt sind.

Auf der Fläche des Blattes zeigen sich meist schon dem unbewaffneten Auge Schraubengänge, von denen die von der Basis des Blattes nach der Spitze desselben sich ziehenden die Blattnerven, nervi, die aber, welche die Verbindung zwischen den Nerven unterhalten, die Blattadern, venae, genannt werden. Bei einer deutlich sichtbaren Anwesenheit oder Abwesenheit dieser Nerven und Adern unterscheidet man die Blätter als:
fol. nervosa, nervige Blätter. fol. venosa, geaderte Blätter.
fol. enervia, nervenlose Blätter. fol. evenia, ungeaderte Blätter.

zur genaueren Bestimmung der ersteren aber:

fol. tripli-, quintupli-, sextuplinervia, drei-, fünf- und sechsnervige Blätter.

Fernere Benennungen für die Blätter sind:

folia cucullata, kapuzenartige Bl., wenn die Mitte des Blattes erhöht und der Rand herabgezogen;

fol. caniculata, rinnenförmige Bl., wenn das Blatt der Länge nach in der Mitte vertieft ist, in welchem Falle dasselbe gewöhnlich auf der anderen Seite eine Erhabenheit hat; derartige Bl. werden dann fol. carinata, gekielte Bl. genannt.

fol. plana, flache Blätter, stehen den vorigen gegenüber.

Je nach der Basis des Blattes hat man zu unterscheiden:

fol. basi attenuata, cuneata und producta, verschmälerte, keilför-förmige und verlängerte Bl.;

fol. cordata, herzförmige Bl., wenn die Blätter an der Basis zwei, folia semicordata, halbherzförmige Bl., wenn bloß ein Lappen vorhanden ist, und fol. oblique cordata, schiefherzförmige Bl., wenn die Lappen ungleich sind.

fol. sagittata, pfeilförmige Bl., wenn die Lappen nicht zugerundet sind, sondern spitz gerade auslaufen oder nach innen gebogen sind;

fol. hastata, spießförmige Bl., wenn die Spitzen nach außen gebogen sind;

fol. auriculata, geöhrte Bl., wenn das Blatt an der Basis oder am Stiele zwei Blattanhänge hat;

fol. pedata, gefußte Bl., wenn die Anhänge an der Basis des fingerförmig getheilten Blattes zurückgeschlagen sind.

Nach der Substanz des Blattes sind zu unterscheiden:

fol. membracea, häutige Bl., fol. coriacea, lederartige Bl., und

fol. carnosa, fleischige Bl., fol. teretia, drehrunde Bl.;

fol. solida, solide Bl., wenn das Blatt ganz mit Zellgewebe und Schraubengängen ausgefüllt ist;

fol. tubulosa und fistulosa, hohle und röhrige Bl., fol. semiteretia, halbdrehrunde Bl., fol. acinaciformia, säbelförmige Bl., fol. triquetra, dreikantige Bl., fol. deltoïdea, gleich oder ziemlich gleich lange und breite dreikantige Bl., fol. dolabriformia, hobelförmige Bl. (wenn letztere Höcker besitzen), fol. subulata, filiformia und setacea, pfriemenförmige, fadenförmige und borstenförmige Bl.

Bei der Theilung und Zusammensetzung des Blattes bedient man sich zur Bezeichnung der verschiedenen dabei auftretenden Verhältnisse folgender Kunstausdrücke:

lobi, Lappen, sind die größeren Theile, in welche das Blatt zerspalten ist, und Fetzen, laciniae, wenn die Lappen zugespitzt sind;

fol. angulata, winkelige oder eckige Bl., wenn die zugespitzten Hervorragungen kleiner, als Fetzen, und größer als Zähne sind;

fol. repanda, ausgeschweifte Bl., wenn die Hervorragungen stumpf sind;

folia incisa, eingeschnittene Bl., werden fol. uni-, tri-, quadri-fissa, ein-, drei-, vierspaltige Bl., wenn die Einschnitte bis zur Mitte, und fol. partita, getheilte Bl., wenn die Einschnitte fast bis zur Basis gehen; fol. palmata, handförmige Bl., sind fünftheilige Bl.

fol. sinuata, buchtige Bl., wenn die Einschnitte bogenförmig sind;

fol. panduraeformia, geigenförmige Bl., wenn sich nur zwei solcher Buchten in der Mitte der Blattränder befinden;

fol. lyrata, leierförmige Bl., fol. runcinata, schrotsägeförmige Bl.;

fol. pinnatifida s. pinnatisecta, halbgefiederte Bl., wenn das Blatt in parallele Fetzen oder Lappen von der Spitze nach der Basis zu gespalten ist, fol. pectinata, kammförmige Bl., wenn diese Abtheilungen sehr schmal, und fol. bipinnatifida, doppelt halbgefiederte Bl., wenn sie wiederum halbgefiedert sind;

fol. integra, ungetheilte Bl., zeigen keine dieser Formen;

foliola oder pinnae, Blättchen oder Fiederungen, sind auf einem gemeinschaftlichen Stengel vorkommende vollkommene Absonderungen, welche die folia composita, zusammengesetzte Bl., bilden;

fol. binata oder conjugata, ternata, quinata etc., gezweite, gedreite, gefünfte Bl., wenn 2, 3, 5 u. s. w. solcher Blättchen auf der Spitze des gemeinschaftlichen Blattstieles stehen und werden auch bei 5 oder 7 fol. digitata, fingerförmige Bl., genannt.

fol. pinnata, gefiederte Bl., wenn die Blättchen zu beiden Seiten des Stieles stehen, und werden nach der Anzahl dieser Paarlinge, juga, fol. bi-, tri-, quadri-, multijuga, zwei-, drei-, vier-, vielpaarige Bl. genannt;

fol. impari-pinnata, unpaargefiederte Bl., wenn das Blatt außer den Paarlingen noch ein überzähliges Endblättchen hat;

fol. abrupte-pinnata, abgebrochen- oder gepaart gefiederte Bl., wenn das Endblättchen fehlt, fol. interrupte-pinnata, unterbrochen gefiederte Bl., wenn zwischen größeren Blättchen kleinere stehen;

fol. decursive-pinnata, herablaufend-gefiederte Bl., wenn die Substanz der Blättchen sich am gemeinschaftlichen Blattstiele herabzieht;

fol. decomposita, doppelt zusammengesetzte, und fol. supradecomposita, dreifach zusammengesetzte Bl., wenn der gemeinschaftliche Blattstiel und die dadurch gebildeten Theile nochmals getheilt sind;

fol. biternata s. bipinnata und triternata oder tripinnata, doppelt oder dreifach gedreite oder gefiederte Bl., wenn die gedreiten Blätter nochmals gedreit und die dadurch gebildeten Theilungen wieder gedreit sind, oder wenn die Fiederung beim Blatte sich nochmals oder zweimal wiederholt.

§. 62. Die Nebentheile, partes accessoriae, der Gewächse, von Linné nicht für alle passend Stützen, fulcra, benannt, entstehen theilweise durch Umbildung aus den Zweigen und Blättern. Die Kunstausdrücke für die verschiedenen Theile sind:

cirrhus, die Klettergabel, ein fadenförmiges, oft getheiltes Organ, mittels dessen die Pflanze sich anklammert;

haustorium, die Saugwarze, ein schwammiges, die Stelle der Luftwurzeln bei einigen Kletterpflanzen vertretendes Höckerchen;

arma, die Waffen, deren einzelne Art der Dorn, der Stachel, der Haken, der Widerhaken und die Granne sind, machen plantae armatae, bewaffnete Pflanzen, und, wenn sie fehlen, plantae inermes, unbewaffnete Pflanzen, worüber §. 46 ein Mehreres zu vergleichen;

glandulae, die Drüsen, die zuweilen gestielt sind, besondere Organe, welche körnige, eigenthümliche Säfte absondern;

ascidia, die Schläuche, krug- oder flaschenförmige, auch mit Deckeln versehene Organe, entweder durch Verwandlung der Blätter selbst entstanden oder Anhänge an den Spitzen der Blätter bildend, dienen zur Ausscheidung wässeriger Flüssigkeiten.

§. 63. Die Blüthen, flores, sind diejenigen Theile (Geschlechtstheile) der höheren (phanerogamischen) Gewächse, welche die Früchte erzeugen und nebst ihren Hüllen vorbereiten; sie sind entweder ungestielte Blüthen, flores sessiles, oder vermittels eines Blüthenstiels, pedunculus, gestielte Blüthen, und bestehen aus mehreren Theilen.

1) Der Blüthenstand, inflorescentia, ist die Art und Weise, wie die Blüthen vorkommen, und bedingt verschiedene Kunstausdrücke, da im Gegensatz zu der einzelnen Blüthe, flos solitarius, die Zusammenstellung mehrerer Blüthen mannigfach ist und gute Unterscheidungsmerkmale giebt.

spica, Aehre, wenn ungestielte Blüthen um eine gemeinschaftliche Axe, rachis, gereiht sind;

amentum, Kätzchen, ist eine Aehre, deren Blüthen bloß aus Geschlechtstheilen und Schuppen bestehen;

spadix, Kolben, eine Aehre mit dicker saftiger Axe, welche entweder ganz kleine Blüthen oder nackte Geschlechtstheile trägt;

verticillus, Quirl oder Wirtel, wird durch ungestielte oder kurz gestielte Blüthen, welche absatzweise um die gemeinschaftliche Axe stehen, gebildet;

capitulum, Knopf, wird durch am Ende eines gemeinschaftlichen Stieles dicht beisammen stehende Blüthen gebildet, wenn sie aber gestielt sind, einen Büschel, fasciculus, und wenn ihre Stiele verschieden lang sind, einen Knäuel, glomerulus, bilden;

racemus, Traube, wird ein Blüthenstand genannt, bei welchem gestielte Blüthen um eine gemeinschaftliche Axe gereiht sind; bei Verkürzung der oberen und Verlängerung der unteren Blüthenstiele wird eine Doldentraube, corymbus, gebildet;

umbella, Dolde, ist derjenige Blüthenstand, wo an der Spitze einer gemeinschaftlichen Axe die Blüthenstiele sich strahlenförmig ausbreiten;

panicula, Rispe, wenn die Nebenstiele eines gemeinschaftlichen Hauptstieles wieder getheilt sind; bei dicht gedrängter Stellung wird ein solcher Blüthenstand ein Strauß, thyrsus, und, wenn die oberen Stiele so verkürzt und die unteren so verlängert sind, daß die Blüthen ungefähr in einer Ebene liegen, eine Trug-, Schein- oder Afterdolde, cyma, genannt.

Als besondere Arten des Blüthenstandes sind bei den Gräsern das Aehrchen, spicula, oder die Vereinigung mehrerer Blüthen in einem gemeinschaftlichen Kelche, bei den Dipsaceen und Compositen die Vereinigung mehrerer Blüthen auf einem gemeinschaftlichen Fruchtboden, receptaculum commune, clinanthium, und innerhalb eines gemeinschaftlichen Kelchs, calyx communis, involucrum, anthodium, periphorantium, periclinum, anzuführen.

2) Die Stütz- oder Vorblättchen, bracteae, sind diejenigen blattartigen Theile, welche in der Nähe der Blüthen stehen und entweder durch ihre Form oder durch eine andere Färbung von den eigentlichen Blumenblättern verschieden sind; sie heißen bei den Umbelliferen die Doldenhülle, involucrum, bei den Irideen und verwandten Familien die Blumenscheide, spatha, und die Abtheilungen der letzteren Klappen, valvae, so wie die der Grasblüthe Spelzen, valvae, glumae calycinae, corollinae, bracteolae. Die Stützblättchen bilden den Schopf, coma, wenn sie an der Spitze einer Aehre oder einer Traube zusammengehäuft sind.

3) Der Fruchtknoten, receptaculum, ist eine Ausbreitung des oberen Endes des Blüthenstiels, welche die Geschlechtstheile und oft auch die Corolle trägt; man hat einen bisweilen vorkommenden angeschwollenen, gynobasis, und fleischigen Fruchtknoten, sarcobasis, zu unterscheiden.

4) Der Kelch, calyx, ist die äußere blattartige Hülle der Geschlechtstheile, die Blumenkrone, corolla, die innere, aber anders als grün gefärbte Hülle; durch die Verschmelzung beider wird die Blumendecke, perigonium, perianthium, gebildet. Als Kelchblättchen, sepala, Corollen- oder Kronenblättchen, petala, und Deckblättchen werden die Abtheilungen unterschieden.

5) Die Honigwerkzeuge, nectaria, sind alle diejenigen in oder neben der Blume befindlichen Organe, welche einen honigartigen Saft absondern. Gewöhnlich befinden sie sich als besondere Honigbehälter, nectarothecae, oder als bloße Honigdrüsen, glandulae nectariferae, im Grunde der Corolle oder des Kelches, bisweilen auch am Fruchtboden und an den Staubfäden. Oft befinden sie sich unter Schüppchen, squamae nectariferae, in Höckern, gibberes nectariferi, oder Sporen, calcaria nectarifera, mitunter auch unter Haarbüscheln oder Blättchen, sog. Nektardecken, nectarilymata, verborgen, während wiederum auch anders gefärbte Stellen, Striche oder Flecken der Corolle, welche Nektarmäler, nectarostigmata, heißen, zu ihnen hinführen.

6) Die Geschlechtstheile, genitalia, sind diejenigen Organe, welche zur Fortpflanzung der Art dienen und in männliche und weibliche Geschlechtstheile, genitalis mascula und feminea, zerfallen. Derjenige Zustand, in welchem sie zur Ausführung ihrer Funktion fähig sind, heißt die Reife, pubertas; vorher heißen die Staubbeutel unreife, nachher entleerte Staubbeutel, antherae impuberes und effectae. In Beziehung auf die Reife, Vertheilung und Gegenwart oder Abwesenheit der Geschlechtstheile finden verschiedene Verhältnisse statt, die besondere Benennungen haben; so bedeutet:

Dichogamie die Einrichtung, nach welcher bei einigen Pflanzen die Geschlechtstheile einer und derselben Blume nicht zu gleicher Zeit ihre Reife erhalten;

Gynandrische Dichogamie, wenn die weiblichen Geschlechtstheile eher reifen, als die männlichen;

Geschlechtslose Blüthe, flos neuter, heißt eine solche, die keine Geschlechtstheile besitzt;

Zwitterblüthe, flos hermaphroditus, ist eine Blüthe, welche beiderlei Geschlechtstheile in einer und derselben Hülle hat;

Androgynische Blüthe, flos androgynus, ist eine solche, welche beiderlei Geschlechtstheile nicht in einer Hülle, aber in einem und demselben Blüthenstande enthält;

Monöcische Pflanzen, plantae monoecae, sind solche, die männliche und weibliche Blüthen getrennt aber auf einem Stamme, diöcische Pflanzen, pl. dioecae, diejenigen, welche auf einem Stamme nur männliche, auf einem anderen nur weibliche Blüthen, und polygamische Pflanzen, pl. polygamicae, solche, die Zwitterblüthen, männliche und weibliche Blüthen bald auf demselben, bald auf verschiedenen Individuen vereinigen.

Phanerogamische Pflanzen, pl. phanerogamicae, heißen die Pflanzen mit deutlich entwickelten Geschlechtstheilen, kryptogamische Pflanzen, pl. cryptogamicae, aber diejenigen, die auf einer niedrigen Entwicklungsstufe stehen und bei denen die Geschlechtstheile entweder gänzlich fehlen oder diese nur angedeutet sind.

Die männlichen Geschlechtstheile oder die Staubgefäße, stamina, bestehen aus den Staubbeuteln, antherae, und deren Stielen, filamenta, welche letztere aber auch bisweilen fehlen. Die ein-, zwei- und mehrfächerigen Staubbeutel, anthera uni-, bi-, pluri-locularis, enthalten in den Fächern den Befruchtungsstaub, pollen, der aus verschieden gestalteten kugeligen, elliptischen, dreiknöpfigen, ikosaëdrischen, glatten, warzigen oder stacheligen Körnchen besteht; jedes der Fächer öffnet sich in einer Längsritze oder querüber (rima longitudinali s. transverse dehiscens), in einer Klappe, valva dehiscens, oder in einem Löchlein, poro dehiscens. Das Zellgewebe, welches zwei nebeneinander liegende Antherenfächer verbindet, wird die Naht, connectivum, genannt.

Die weiblichen Genitalien, Stempel, pistillum, genannt, bestehen 1) aus dem Fruchtknoten oder Eierstock, germen, ovarium, der die Grundlage der künftigen Frucht bildet, häufig im Boden des Kelches ruhet, bisweilen auch gestielt ist, und die jungen Samen oder Eierchen, ovula, gemmulae (Schleiden's Samenknospen, Endlicher's Keimknospen) enthält; 2) aus dem Griffel, stylus, welcher auf, bisweilen auch neben den Fruchtknoten sitzt und säulen- oder fadenförmig ist, und 3) aus der Narbe, stygma, einer warzigen, haarigen, schwammigen Fläche oder Spalte an der Spitze oder Seite des Griffels. Oft fehlt auch der Griffel ganz, und dann befindet sich die Narbe unmittelbar auf dem Fruchtknoten (bei den Asklepiadeen und Orchideen zeigen die Genitalien eine eigenthümliche Bildung, indem bei jenen die Befruchtungssäule, gynostegium, welche die Griffel einschließt, in seitlichen Falten die durch kurze Stiele an einer Drüse

befestigten Zwillingsantheren enthält, während bei den Orchideen die Befruchtungssäule — der Träger der Narbe und Staubbeutel — in eigenen Grübchen die körnigen, mehl- oder wachsartigen oder kugeligen Pollenmassen, massae pollinicae, durch Fäden auf besonderen Haltkügelchen, retinacula, befestigt verbirgt).

Die Frucht, fructus, pericarpium, ist das Behältniß des Samens, semen; man unterscheidet einfache Früchte, fr. simplices, zusammengesetzte Früchte, fr. compositi, carpella, die aus mehreren Fruchtknoten einer und derselben Blüthe entstanden sind, und zusammengehäufte Früchte, fr. aggregati, carpidia, welche aus den vereinigten Fruchtknoten mehrerer verschiedener Blüthen sich erzeugt haben. Zu den einfachen Früchten gehören die Karyopse, caryopsis, auch nackter Samen benannt, wenn der Samen nur eine einfache Hülle hat; kommt hierzu eine zweite Bedeckung durch den stehenbleibenden Kelch, so entsteht die Schließfrucht, achenium, bei welcher, namentlich bei den Familien der Compositen und Dipsaceen, häufig eine aus Haaren, Borsten oder Spreublättchen bestehende Samenkrone, pappus, vorkommt. Eine einfache Frucht, bei welcher der Samen von einer lockeren Hülle umschlossen ist, heißt Schlauchfrucht, utriculus, und wenn dazu eine Flügelhaut kommt, Flügelschlauch, samara. Die Nuß, nux, ist eine Frucht mit harter, nicht aufspringender Schale, welche bisweilen mit einer lederartigen Hülle, der sog. Schlaue, naucum, oft aber auch mit einer saftigen, fleischigen Hülle umgeben ist und in letzterem Falle Steinfrucht, drupa, genannt wird. Eine saftige Frucht, die einen oder mehrere Samen oder Kerne, pyrenae, acini, enthält, heißt Beere, bacca. Ein trockenes Fruchtbehältniß, welches oft in mehrere Fächer, loculi, getheilt ist, wird Kapsel, capsula, genannt; die Fächer öffnen sich gewöhnlich in Klappen, mitunter auch springfederartig, und heißt dann Springkapsel, coccum. Die Stelle, wo zwei Klappen mit einander vereinigt sind, heißt die Naht, sutura, die innere Wand der Abtheilungen der Kapseln die Scheidewand, dissepimentum, und die verdickte, oft säulenförmige Stelle der Fächer, an welcher der Samen befestigt ist, der Mutterkuchen, placenta. Unter Hülse, legumen, wird eine zweilappige, meist einfächerige, langgestreckte Hülse, deren Samen an einer und derselben Naht wechselsweise an beiden Klappen festsitzen, verstanden, dagegen unter Gliederhülse, lomentum, eine Hülse, deren Glieder sich in der Quere von einander trennen; unter Schote, siliqua, eine langestreckte, zweiklappige Kapsel, deren Samen an beiden Nähten festsitzen, und unter Schötchen, silicula, eine kleinere, aber breitere Schote. Eine einklappige Kapsel, welche sich nur an einer Naht trennt, heißt Fruchtbalg, folliculus, eine Kapsel, die mit einer fleischigen Hülle umgeben ist, Apfel, pomum, wenn die Fächer häutig sind, Orange, aurantium. Eine fleischige Frucht, deren Samen am inneren Umfang befestigt ist, heißt Kürbis, pepo. Der Fruchtzapfen, strobilus, besteht aus verhärteten, spiralförmig um eine Axe gestellten Stützblättchen, unter welchen Schlauchfrüchte oder Nüsse liegen; die Zapfenbeere, galbulus, ist ähnlich, hat aber angeschwollene Stützblättchen, die mit einander verwachsen sind und oft sogar saftig werden.

Bei den Farnkräutern und Moosen heißt das häutige Sporenbehältniß

auch Kapsel, capsula; bei ersteren sind diese Kapseln in Haufen, sori, zusammengedrängt. Die Flechten besitzen zwar die Fähigkeit, an jeder Stelle ihres Lagers, thallus, Sporen hervorzubringen, tragen oft aber auch Scheinfrüchte, apothecia, welche die Sporen in einer besonderen Keimschichte, lamina prolifera, enthalten. Auch bei den Algen kommen die Sporen theils im Laub, frons, theils in besonderen Kapseln vor. Die Sporen der Pilze sind in Sporenschläuchen, sporidia, thecae sporophorae, enthalten, die entweder eine besondere Schlauchschichte, hymenium, bilden, oder in besonderen Schlauchbehältern, peridium, perithecium, sporangium, eingeschlossen sind.

Der Samen, semen, der phanerogamischen Pflanzen ist dadurch von dem Keimkorn oder der Spore, spora, der kryptogamischen Gewächse verschieden, daß sich bei jenem das künftige Pflänzchen im Keime, wenn auch oft nur dem bewaffneten Auge sichtbar, vorgebildet findet, nicht aber bei den Sporen der Kryptogamen. Der Punkt am Samen, an welchem dieser befestigt ist und durch welchen das Keimen erfolgt, heißt die Keimgrube oder der Nabel, umbilicus, hilum, cicatricula; diese Grube ist zuweilen mit einer Keimwarze, strophiolus, bedeckt, und aus ihr vermittelt der Keimgang oder Nabelstrang, funiculus umbilicalis, podospermium, die Verbindung mit dem Mutterkuchen. Eine häutige oder fleischige Ausbreitung des Keimganges, die den Samen umschließt, heißt der Samenmantel, arillus. Eine Oeffnung am Samen, welche bei der Befruchtung eine wichtige Rolle spielt, später aber verwächst und nur an wenigen Stellen als eine kleine Vertiefung sichtbar bleibt, ist das Keimlöchlein, micropyle, und die Stelle an der inneren Haut des Samens, wo der Keimgang durch die Keimgrube eintritt, der Hagel- oder Nabelfleck, chalaza. An sehr verschiedenen Stellen im Inneren des Samens befindet sich der Keim, embryo, der bei den niederen monokotyledonischen Pflanzen meist nur einem Pünktchen oder Fädchen gleich, bei den höheren dikotyledonischen Gewächsen aber so entwickelt ist, daß an ihm das Würzelchen, radicula, rostellum, die Keim- oder Samenlappen, cotyledones, und die ersten Blätter des künftigen Pflänzchens, das sog. Federchen, plumula, zu unterscheiden ist. Außer dem Keime enthalten die Samen oft eine mehl-, horn-, knorpel- oder knochenartige Substanz, den Eiweißkörper, albumen, endospermium, perispermium, welcher den Keim entweder ganz oder theilweise einschließt, auch wohl vom Keime umgürtet wird. Bei den Gräsern liegt der Keim abgesondert seitlich an der Basis des Eiweißkörpers und wird hier Schildchen, scutellum, genannt; bei den Scitamineen ist der Keim zunächst in den sog. Dotter, vitellus, und dieser in den Eiweißkörper eingeschlossen.

Erste Abtheilung.

Allgemeine Botanik.

§. 64. Die allgemeine Botanik zerfällt, wie §. 5 angeführt, in drei Haupttheile, nemlich in die Lehre von den Elementarorganen, in die Lehre von den Bestandtheilen der Pflanzen und in die Lehre von den Lebensverrichtungen der Pflanzen, oder in die Histologie, in die Hylologie und in die Biologie, denen besondere Zweige der botanischen Wissenschaft, nemlich die Organographie, die Phyllotaxis und die Morphologie, die Pathologie und die Teratologie sich anreihen. Im Nachstehenden werden diese Theile in der Weise hintereinander behandelt, daß die Lehre von den Bestandtheilen und Grundstoffen zuerst, dann die der Elementarorgane und zuletzt die von dem Leben der Pflanze erörtert wird.

Erster Haupttheil.

Vegetabilische Stofflehre. Hylologie.

§. 65. Die vegetabilische Stofflehre oder Hylologie befaßt sich mit der Erforschung des Ursprunges, der Bildungsweise und des Vorkommens der in dem pflanzlichen Organismus während seines Lebens enthaltenen Stoffe, mit der Untersuchung der Veränderungen, welche diese Stoffe durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen erleiden, und mit der Erläuterung des Verhältnisses, in welchem die einzelnen Stoffe zu der Gesammtmasse oder eines Antheiles des Pflanzenkörpers stehen. Naturgemäß sowohl als auch um Wiederholungen zu vermeiden, befaßt sich die Hylologie nur mit den Zuständen, unter welchen sich die Stoffe in der lebenden Pflanze befinden, und überläßt die Betrachtung der Verhältnisse, welche diese Stoffe außerhalb des lebensthätigen Organismus bei Berührung mit anderen Stoffen zeigen, der Chemie, weßhalb in den betreffenden Punkten stets auf die erste Abtheilung des zweiten Bandes und auf den dritten Band dieses Werkes verwiesen werden muß.

§. 66. Die Pflanzen nehmen die Stoffe, die sie zu ihrer Entwicklung bedürfen, von außen aus dem Wasser, aus der Erde und aus der Luft auf und erzeugen aus mehreren derselben in Folge der Lebensthätigkeit des Organismus gewisse neue Verbindungen, während andere unverändert bleiben. Die Stoffe, welche aufgenommen werden, sind stets

unorganischer, die Verbindungen, welche aus ihnen erzeugt, organischer Beschaffenheit, weßhalb die Pflanzenstoffe in unorganische Stoffe und organische Stoffe unterschieden werden müssen. Während die Zahl der ersteren eine sehr beschränkte ist, zeigt sich die der letzteren sehr groß (vergl. Bd. 2. Abth. I. S. 383—474 und Bd. 3. S. 445 – 1135). So groß aber die Zahl der organischen Pflanzenstoffe im Allgemeinen ist, so gering ist die derjenigen, welche die Hauptmasse des vegetabilischen Organismus, das eigentliche Pflanzengewebe, ausmachen, dagegen aber einen entschiedenen Antheil an der Bildung und Zusammensetzung des Gewebes nehmen, während jene, die an bestimmten Stellen des Organismus in dessen Innerem und in dessen Aeußerem abgeschieden werden, meist als ausgeschiedene Stoffe bei der Produktion der wesentlichen Bestandtheile des Gewebes zu betrachten sind. Man nennt die wesentlichen Gewebebestandtheile die assimilirten Stoffe, die abgeschiedenen Stoffe aber Nebenprodukte des Assimilationsprocesses; erstere zeigen in ihrer Zusammensetzung und ihren chemischen Verhältnissen sehr viel Aehnlichkeit, letztere hingegen die größte Verschiedenheit.

Bis jetzt ist zwar noch kein besonderes Werk über die Hylologie erschienen, jedoch findet man dieselbe sehr ausführlich behandelt in Unger's Grundzügen der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 1846, in Schleiden's Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik, 1849, in Küntzing's Grundzügen der philosophischen Botanik, 1851 und in Willkomm's Anleitung zum Studium der wissenschaftlichen Botanik, 1854. In Beziehung auf die Einzelbeschreibung der vegetabilischen Stoffe wird besonders auf den dritten Band des Apothekerbuches verwiesen.

A. Von den unorganischen Stoffen.

§. 67. Von den einigen und sechszig bis jetzt aufgefundenen Grundstoffen oder chemischen Elementen (vergl. Bd. 2. Abth. I. §. 3) sind bis jetzt 19 als Bestandtheile der Pflanzenwelt aufgefunden worden, nemlich der Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff, das Chlor, Brom, Jod und Fluor, der Phosphor und Schwefel, das Silicium, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Alumium, Mangan, Eisen und Kupfer, so wie auch von der Anwesenheit des Bleis und Kupfers Beobachtungen gemacht worden sind. Die vier zuerst genannten Grundstoffe spielen hierbei die wichtigste Rolle, indem die Mehrzahl derjenigen Stoffe, die durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen erzeugt werden, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff oder aus diesen drei Elementen und Stickstoff, manche auch nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, sehr wenige aus diesen beiden Elementen und Stickstoff bestehen; in einigen, aber sehr verbreiteten Pflanzenstoffen finden sich außer den zuerst genannten Elementen auch Schwefel oder Phosphor oder beide zugleich. Die übrigen Elemente finden sich nicht in allen Pflanzen, und zwar stets mit anderen der angeführten Elemente, namentlich mit Sauerstoff, zum Theil auch mit Chlor, Brom, Jod und Fluor verbunden, nehmen keinen Antheil an der Bildung des Gewebes, und sind daher für den Lebensproceß des pflanzlichen Organismus von

untergeordneter Bedeutung, obgleich zugegeben werden muß, daß sie für das Leben der Pflanze nothwendig sind, da diese bei Mangel an diesen Stoffen oder deren Verbindungen nicht gedeihen und in manchen Pflanzen oder besonderen Theilen derselben stets oder fast immer gefunden werden.

§. 68. Der Kohlenstoff ist der wichtigste aller Pflanzenstoffe, da er in keinem derselben fehlt und in den meisten in so großer Menge enthalten ist, daß er als der integrirende und die Grundlage bildende Theil derselben betrachtet werden kann. Er wird den Pflanzen in Form von Kohlensäure unmittelbar aus der atmosphärischen Luft oder aus dem lockeren, verwesende Körper enthaltenden Erdreiche zugeführt. — Der Wasserstoff findet sich ebenfalls in allen Pflanzenstoffen, während der Sauerstoff in einigen derselben, der Stickstoff in vielen fehlt. Diese vier Stoffe sind im Allgemeinen die Grundstoffe des vegetabilischen Organismus, und sind der Hauptsache nach in festen Verbindungen darin enthalten, doch findet sich freier Sauerstoff als Gas oder in Flüssigkeiten gelöst in allen Pflanzen, die dem Sonnenlichte ausgesetzt sind, vor und wird von denselben ausgehaucht; auch Wasserstoff und Stickstoff sollen im ungebundenen Zustande in den Fleischpilzen vorkommen. Die Quelle des Wasserstoffes in den Pflanzenstoffen ist das Wasser und das Ammoniak, die des Sauerstoffes Wasser und Kohlensäure, und die des Stickstoffes das Ammoniak, jedoch soll letzterer auch von den Pflanzen aus der Luft eingesogen und assimilirt werden. Vergl. über Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff Bd. 2. Abth. I. S. 50—56, 57, 63-64 und 73—74.

§. 69. Das Chlor, Brom, Jod und Fluor finden sich in den Pflanzen nie frei, sondern stets mit anderen Elementen, nemlich die drei ersteren mit Alkalimetallen verbunden, wie z. B. Chlor mit Natrium verbunden in den Halophyten d. h. in den auf Salzboden oder in Salzwasser wachsenden Pflanzen, Jod in einer großen Anzahl von Süßwassergewächsen, Jod und Brom in allen Meeresgewächsen, besonders in den Tangen, das Fluor mit Silicium verbunden im Stengel der Equisetaceen, Gramineen und mancher Farne, auch in einigen anderen höheren Pflanzen vor. Vergl. über Chlor, Brom, Jod und Fluor a. a. O. S. 79-82, 89—90, 93—94 und 100—101.

§. 70. Der Phosphor und Schwefel finden sich in doppelter Weise in den Pflanzen, nemlich einmal als integrirender Bestandtheil gewisser Pflanzenstoffe, der für das Pflanzen- und Thierleben so wichtigen Proteïnverbindungen (vergl. §. 84), zum anderen mit Sauerstoff verbunden als Schwefelsäure und Phosphorsäure mit unorganischen oder organischen Basen verbunden. Das Silicium findet sich ebenfalls nie frei, sondern meist mit Sauerstoff oder, wie unter §. 69 angeführt, mit Fluor verbunden. Vergl. über Schwefel, Phosphor und Silicium a. a. O. S. 103—105, 133 und 161.

§. 71. Die Alkalimetalle, Kalium, Natrium und Calcium, so wie das Magnesium finden sich in den Pflanzen theils an Chlor, Brom oder Jod, theils an Sauerstoff gebunden, und im letzteren Falle entweder mit Schwefelsäure oder Phoshhorsäure oder mit Pflanzensäuren zu Salzen vereinigt, Alumium und die schweren Metalle, Eisen und

Mangan (Blei und Silber) nur im orydirten und gesäuerten Zustande (vergl. über die genannten Elemente a. a. O. S. 169, 176, 188, 199, 207, 223, 230, 277 und 299).

§. 72. Die angeführten Elemente finden sich mit Ausnahme des Sauerstoffes, Wasserstoffes und Stickstoffes (vergl. §. 68) nicht im isolirten Zustande in den Pflanzen, sondern, abgesehen von den eigentlichen Pflanzenstoffen oder organischen Körpern, als binäre unorganische Verbindungen. In dieser Beziehung sind hauptsächlich noch die Sauerstoff- und Wasserstoffverbindungen anzuführen, während der Verbindungen des Chlors, Broms und Jods bereits §. 69 Erwähnung geschehen ist. Die beiden wichtigsten Sauerstoffverbindungen sind das Wasser und die Kohlensäure. Das erstere, das Wasser (vergl. a. a. O. S. 57—61), ist die Hauptbedingung für das vegetabilische Leben; indem es nicht allein durch seine Bestandtheile, den Wasserstoff und Sauerstoff, für die Entstehung der Pflanzenstoffe in Anspruch genommen wird, sondern auch die Aufsaugung der unorganischen Verbindungen aus dem pflanzentragenden Erdboden und die Wechselwirkung der im Pflanzenorganismus enthaltenen Stoffe vermittelt; es findet sich in allen Gewächsen ohne Ausnahme in großen Quantitäten, oft über 80%. Die Kohlensäure, die Verbindung des Kohlenstoffes mit dem Sauerstoffe (vergl. a. a. O. S. 75 u. 76), ist das Hauptnahrungsmittel der Pflanzen, von welchen sie theils aus der atmosphärischen Luft, in welcher sie in Folge sehr verschiedener Processe enthalten ist, durch die Blätter eingeathmet, theils aus dem pflanzentragenden Boden, in welchem sie durch Ansaugung aus der atmosphärischen Luft oder durch Verwesung organischer Körper erzeugt enthalten ist, durch die Wurzeln in Verbindung mit Wasser aufgesaugt und durch den lebensthätigen Organismus assimilirt wird. Sie findet sich deßhalb auch noch frei in vielen Pflanzen besonders bei Nacht, bei Tage in den reifenden Früchten, in den Luftwurzeln u. s. w. — Die Oxyde des Schwefels und des Phosphors, die Schwefelsäure und Phosphorsäure (vergl. a. a. O. S. 110 — 113 u. 136 — 138), finden sich mit basischen Oxyden verbunden in vielen Pflanzen, wie namentlich in den Samenhüllen fast aller Gräser, in der Päonienwurzel, im Zwiebelsafte u. s. w., aber auch oft mit Pflanzenalkalien verbunden. Das Siliciumoxyd oder die Kieselerde (vergl. a. a. O. S. 161 u. 162) ist eine der häufigsten im Pflanzenorganismus vorkommenden unorganischen Verbindungen und ist in manchen Gewächsen in so reichlicher Menge enthalten, daß sie den überwiegend größten Theil der gesammten Pflanzenmasse ausmacht. Derartige Pflanzen, die auch Kieselgewächse genannt werden, sind besonders die Schachtelhalme und die Gräser, bei denen sie einen Ueberzug über die einzelnen Zellen des Zellgewebes oder eine äußere Verdickungsschichte der Zellen, an deren innerer Seite die Fläche der eingeschlossenen Zelle wie abgedrückt erscheint, bildet, und die einzelligen Algen aus der Abtheilung der Bacillarien, wo die ganze Zelle aus Kieselerde zusammengesetzt ist. In den angeführten Fällen findet sich die Kieselerde nicht krystallinisch, sondern amorph und tritt in organischer Form als Membran auf, in welcher Form sie wahrscheinlich auch in den übrigen Pflanzen auftritt. Die Oxyde der Alkali- und Erdmetalle und das des Magnesiums kommen nur

als Salze in den Pflanzen vor und zwar entweder als pflanzensaure oder als mineralsaure Salze; als pflanzensaure Salze sind insbesonders anzuführen der oxalsaure Kalk, der sich in jeder Pflanze und stets nur in Krystallen vorfindet, weßhalb er leicht zu erkennen ist (in größter Menge befindet er sich nach Schleiden in den Cacteen), ferner der sehr häufig vorkommende, in den Pflanzensäften aufgelöste essigsaure und äpfelsaure Kalk und der theils in gelöster, theils in krystallinischer Form vorkommende citronensaure und weinsteinsaure Kalk; über pflanzensaures Kali oder Natron ist noch nichts Sicheres bekannt, jedoch scheinen sie, namentlich die Kalisalze, in allen Pflanzen enthalten zu sein. Unter den mineralsauren Salzen, welche Bestandtheile der Pflanzen sind, ist insbesonders der kohlensaure Kalk zu erwähnen, der sich sowohl in amorpher, wie in krystallinischer Form in verschiedenen Pflanzen vorfindet, ferner schwefelsaurer und phosphorsaurer (?) Kalk, kohlensaure, schwefelsaure und phosphorsaure Magnesia und Alaunerdesalze, welche, wie verschiedene Kali- und Natronsalze, nur im gelösten Zustande in den Pflanzen vorkommen. Von den Metalloxyden, welche im Ganzen eine sehr untergeordnete Rolle im Pflanzenleben spielen, finden sich äm hänfigsten das Eisenoxyd und das Kupferoxyd, von denen das erstere zuweilen mit den organischen Molekülen eine eigenthümliche Inkrustation der Fäden (wie bei der Gattung Psichohormium) bildet, zuweilen aber auch (wie bei Gloeotila ferruginea und Lepthotrix ochracea) das Zellenmembran gänzlich zu durchdringen scheint, das letztere aber, das Kupferoxyd, in sehr geringer Menge in den Weizenkörnern und den Kaffeebohnen enthalten ist. Manganoxyd ist in geringer Menge in vielen Pflanzen enthalten (und verursacht die grünliche Färbung der aus der Asche jener gewonnenen Pottasche), und Blei- und Silberoxyd sollen nach neueren Untersuchungen in den Seetangen enthalten sein. — Unter den Wasserstoffverbindungen der Elemente, welche in den Pflanzen vorkommen, ist besonders die Stickstoffverbindung, das Ammoniak (vergl. Bd. 2. Abth. I. S. 71 u. 72 und 182 — 187) anzuführen, indem es für das Pflanzenleben von gleicher Wichtigkeit wie die Kohlensäure und das Wasser ist, da es als die einzige Quelle des in den Pflanzenstoffen vorkommenden Stickstoffes betrachtet wird. Es findet sich in den Pflanzen wohl nur an Säuren, besonders häufig an Salpetersäure gebunden und jenen durch das bei der Zersetzung und Fäulniß stickstoffhaltiger Pflanzen sich bildende kohlensaure Ammoniak zugeführt. — Ob Chlor-, Brom- und Jodwasserstoffsäure in den Pflanzen, namentlich in den Meer-, Strand- und Steppengewächsen, frei oder in Verbindung mit Basen d. h. als Chlor-, Brom- oder Jodmetalle vorkommen, ist noch nicht entschieden, sie scheinen jedoch nur eine untergeordnete Rolle zu spielen.

B. Von den organischen oder Pflanzenstoffen.

1. Assimilirte Stoffe.

§. 73. Die assimilirten Pflanzenstoffe haben dreierlei Funktion, indem sie entweder die Membran der Zellen oder der den Pflanzenorganismus

ausmachenden Elementarorgane zusammensetzen, oder das Material zu den die Zellenmembran zusammensetzenden Stoffen geben, oder endlich die Bildung und Entstehung neuer Zellen veranlassen. Nach ihrer chemischen Zusammensetzung und nach ihrer Thätigkeit in den Pflanzen zerfallen die assimilirten Stoffe in solche, welche nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen und die Membran der fertigen Zellen zusammensetzen, und in solche, welche außer den drei genannten Elementen auch Stickstoff enthalten und bei dem Bau der Pflanzenzellen eine wichtige Rolle spielen. Erstere, die stickstofffreien assimilirten Stoffe, bilden die feste Grundlage des gewächslichen Organismus, letztere, die stickstoffhaltigen assimilirten Stoffe, bedingen das Wachsthum und somit einen großen Theil des Lebens der Pflanzen. Zu ersteren gehören die Cellulose, das Stärkmehl, Inulin, Arabin, Bassorin, Lignin, die Pektose (und die ihr verwandten Stoffe, der Zucker, die fetten Oele und das Wachs), von denen aber nur die Cellulose und das Lignin die Zellenmembran bildenden sind, während die übrigen sich nur zuweilen bei der Zusammensetzung derselben bethätigen und in den meisten Fällen einen wesentlichen Theil des Zelleninhaltes, d. h. desjenigen Theiles bilden, aus dem durch die besondere Einwirkung der stickstoffhaltigen assimilirten Stoffe, zu denen das Proteïn und seine Verbindungen, das Suberin, die Cuticularsubstanz u. s. w. gehören, die Zellenmembranstoffe entstehen.

a. Stickstofffreie, assimilirte Stoffe.

§. 74. Die Cellulose (nach Payen), der Zellstoff nach Schleiden, das Gelin nach Kützing, die Pflanzengallerte zum Theil nach Schleiden, das Sklerogen der französischen oder der vegetabilische Faserstoff verschiedener Chemiker (vergl. Bd. 3. S. 897 bis 901) ist derjenige Stoff, aus welchem die Membran der meisten vegetabilischen Zellen besteht. Sie ist ungemein biegsam und elastisch, dehnt sich in der Feuchtigkeit, zieht sich beim Trocknen zusammen und ist für alle Flüssigkeit durchdringlich, indem sie dieselben von der einen Seite aufnimmt, und unter Umständen auf der entgegengesetzten Seite wieder ausscheidet, welche Erscheinungen mit dem Akte der Endosmose und Exosmose (vergl. Bd. 2. Abth. 3. S. 96) bezeichnet werden, und auf denen die Möglichkeit der Fortbewegung der Säfte durch den pflanzlichen Organismus beruht. Die Cellulose kommt nur selten rein vor; die aus ihr bestehende Zellenmembran ist gewöhnlich mit unorganischen und organischen Stoffen getränkt, die sich beim Durchgehen der Flüssigkeiten darin ablagern, nicht nur die Consistenz und Cohärenz, sondern auch die Farbe der Cellulose mannigfach abändern und deren gallertartig weiche bis steinharte Consistenz und die vollkommenste Farblosigkeit und Durchsichtigkeit bis zur undurchsichtigen braunen Farbe bedingen. Durch chemische Agentien wird die Cellulose mannigfaltig verändert, wie durch Behandlung mit Kalilauge oder Schwefelsäure in Stärkmehl, durch lang andauernde Einwirkung der Schwefelsäure in Dextrin und Zucker, durch concentrirte Salpetersäure in Pyroxylin (Schießbaumwolle); auf eine noch unbekannte Weise wird die Cellulose im pflanzlichen Organismus in Lignin (Holzstoff) und in Korksubstanz verwandelt.

Nach Kützing giebt es vier Arten Cellulose oder Gelin, nemlich schleimiges Gelin, das sich gar nicht als Membran, sondern in schleimigen Flecken in der Alge, Ulvina mycophila, und im Quittenschleime, dessen Sauerwerden es veranlaßt, gallertartiges Gelin, das ebenfalls keine Membran, sondern Häute bildet und sich in der sog. Essigmutter des gemeinen und Himbeeressigs (in Ulvina aceti und Rubi idaei) findet, Herpogelin, welches in Form von Körnern bei der Abtheilung der Meeralgen, die Caulerpeen genannt werden, auftritt, und die eigentliche zellenbildende Cellulose.

§. 75. Das Stärkmehl oder Amidon, mit dem auch das Flechtenstärkmehl übereinstimmt (vergl. Bd. 3. S. 861—866 und 867 u. 868), ist nächst der Cellulose und dem Chlorophyll der verbreitetste Pflanzenstoff, nimmt jedoch nur selten, wie z. B. die Wandungen der Sporenschläuche der Flechten und bei einigen, z. B. bei dem isländischen Moos die Wandungen der Rindenschichtzellen des Laubes daraus bestehen, an der Zusammensetzung der Zellenmembran Theil, erscheint vielmehr in den meisten Fällen als Inhalt der Zellen. Er findet sich vorzugsweise in Knollen, Zwiebeln und fleischigen Wurzeln, im Eiweiß der Samen, namentlich der Cerealien, in den Keimblättern der Hülsenfrüchte und im Marke, in geringerer Menge besonders während der Winterzeit in der Rinde. Es ist eine vorübergehende Bildung im Pflanzenreiche, indem es zu einer gewissen Zeit erzeugt und aufgespeichert, zu einer anderen Zeit wieder verzehrt wird. — Das Stärkmehl zeichnet sich besonders dadurch von allen übrigen im Pflanzenorganismus vorkommenden Stoffen aus, daß es in den meisten Fällen ein organisirter Körper ist, d. h. aus Körnern besteht, welche eine bestimmte Struktur erkennen lassen, denn sie sind gewöhnlich aus concentrisch um und über einander gelagerten, jedoch nicht gleich dicken, um einen excentrisch liegenden Mittelpunkt befindlichen Schichten zusammengesetzt. Dieser Mittelpunkt selbst, sonst der Kern, jetzt die Centralhöhle nach Schleiden oder Vacuole nach Kützing benannt, ist nach Einigen eine Höhlung, nach Anderen eine feste Masse, die durch Austrocknen hohl wird. Unter dem Mikroskope zeigen sich die Stärkmehlkörner wegen ihrer concentrisch-schaligen Struktur als ein von kreisförmigen Linien umgebener Kern. Die Schalen der Körner sind innen wasserreicher und deßhalb weicher und gelatinöser, nach außen hin wasserärmer und dichter. Im Allgemeinen ist die Form der Körner eine sphäroidische oder ellipsoidische, doch weicht sie nach den verschiedenen Pflanzenfamilien und Gattungen bedeutend ab. Schleiden unterscheidet überhaupt drei Formen des Stärkmehls, nemlich:

1) das formlose Stärkmehl, findet sich in den Zellen der Wurzelstöcke von Carex arenaria und Smilax sassaparilla, auch in den Samen von Amomum Cardamomum als ein aus aufgelöstem Stärkmehl bestehender Kleister;

2) das einfache Stärkmehlkorn, welches sich theils rundlich in der Kartoffel und in der Linse, theils flach zusammengedrückt oder linsenförmig im Eiweiß des Weizens, Roggens und der Gerste, theils stabförmig oder ganz unregelmäßig, wie z. B. im Rhizom der Dieffenbachia Seguine, theils muschelförmig, wie in den Zwiebeln mancher Liliaceen, namentlich der

Frittilaria imperialis, theils dreieckig, wie in den Tulpenzwiebeln, theils abgerundet vieleckig, wie in dem Maissamen, theils scharfkantig vieleckig, wie im Eiweiß der Reiskörner, theils becherförmig, wie in den Erbsen, Bohnen und anderen Hülsenfrüchten findet, und

3) das zusammengesetzte Stärkmehlkorn, von dem zwei Arten zu unterscheiden sind, indem es entweder keine Centralhöhle besitzt oder damit begabt ist; die einzelnen Körnchen pflegen sich zu 2 bis 12 zusammen zu gruppiren, wie z. B. das Stärkmehl aus dem Wurzelstock der Marantaceen (im Arrow-root), in den Wurzeln von Bryonia alba und dioica und im Eiweiß des Hafers ohne Centralhöhle, in den Knollen von Jatropha Manihot und den Zwiebeln von Colchicum autumnale mit Centralhöhle. Die Pflanzen, welche Stärkmehl aus zusammengesetzten Körnern enthalten, pflegen gewöhnlich keine einfachen Körner zu enthalten, und erstere sind für die Pflanzen so charakteristisch, daß sich in vielen Fällen nicht allein die Pflanzenfamilie, sondern sogar die Gattung, von der das Stärkmehl stammt, nach den Körnern bestimmen läßt.

Die Größe der Stärkmehlkörner ist so verschieden wie ihre Gestalt, da ihr Durchmesser zwischen $^{2}/_{1000}$ und $^{185}/_{1000}$ Millimeter schwankt. Die Struktur der Körner beruht auf ihrer Entwicklung, denn sie zeigen ein vollkommenes Wachsthum, indem sich immer neue Schichten innerhalb der ursprünglichen Membran wie bei den verholzenden Zellen ablagern, wodurch das Lichte des ursprünglichen, aber stets mit einer Flüssigkeit gefüllten Bläschens auf eine meist kleine Höhlung reducirt wird. Die äußersten Schichten sind die ältesten, die innersten die jüngsten; je jünger nun die Körner sind, um so weniger haben sie Schalen, und desto mehr nähert sich die Form der Körner der Kugelgestalt.

Kützing nimmt in dem Stärkmehle ein besonderes Radical an, das er Stärkestoff oder Amyl nennt. Die Zellen, welche sich von außen nach innen aus dem flüssigen, Amyl in Wasser gelöst enthaltenden Inhalt auf der ursprünglichen Membran verdicken, bilden die Stärkmehlkörner. Das Amyl erhält sich bloß bis zu 130° als solches, durch eine höhere Temperatur oder durch Säuren und Proteinverbindungen geht es in Dextrin über; mit Jod bildet es eine chemische Verbindung. Mit dem isomeren Gelin bildet das Amyl eine Gruppe, die Amyl- oder Dextringruppe, die sich dadurch charakterisirt, daß ihre Glieder entweder für sich oder bei Gegenwart von Schwefelsäure blau, violett oder amethystroth gefärbt werden und daß ihre Lösungen das polarisirte Licht nach rechts drehen. — Kützing hält auch das von Schleiden beschriebene Amyloid (vergl. Bd. 3. S. 898) vom Stärkmehle nicht wesentlich verschieden, während es von Schacht als eine Zwischenstufe von der Cellulose zum Stärkmehle betrachtet wird.

§. 76. Das Inulin (vergl. über Synonyme, Vorkommen und chemisches Verhalten Bd. 3. S. 866 u. 867) scheint in den Pflanzen oder deren Theilen, worin es vorkommt, die Stelle des Stärkmehls zu vertreten, und ist in dem Zellsafte derselben entweder aufgelöst oder in kaum erkennbaren, durchsichtigen, wasserhellen Körnchen enthalten. Nach Kützing scheint es sich durch Zersetzung des Zuckers und der Cellulose bilden zu

können, und nach Mulder oft ein Uebergangsstoff vom Stärkmehle zum Zucker zu sein, weßhalb es auch nicht zu jeder Zeit in den Inulin enthaltenden Pflanzen und deren Theilen aufgefunden werden kann.

§. 77. Unter der Bezeichnung Gummi wird jetzt in wissenschaftlicher Beziehung ein im reinen Zustande wasserheller, bald secernirter, bald Zellen constituirender, klebriger Stoff verstanden, der in Weingeist, Aether und Oelen nicht und in Wasser je nach seinem organischen Zusammenhange bald leicht, bald gar nicht löslich ist und der nach seiner Löslichkeit oder Unlöslichkeit in Wasser in Arabin und Bassorin unterschieden wird. Das Arabin (vergl. Bd. 3. S. 869 u. 870) bildet die Hauptmasse des sog. arabischen Gummis und findet sich im aufgelösten Zustande in großen Saftbehältern und in den Zellen verschiedener Akazienarten, Mimosen und Cycadeen; es dreht wie die Inulinlösung das polarisirte Licht nach links, verliert aber diese Eigenschaft nach und nach und erhält die der Rechtsdrehung, wenn man es mit Schwefelsäure erwärmt, und verwandelt sich hierbei in Dextrin (vergl. a. a. O. S. 867 u. 868), welches sich aber von dem gewöhnlichen Stärkmehldextrin dadurch unterscheidet, daß es selbst unter Mithülfe von Schwefelsäuren durch Jodtinktur gar nicht mehr gefärbt und durch Salpetersäure in Schleimsäure verwandelt wird. Das Bassorin, mit dem das Cerasin von Guerin Barry, die Pflanzengallerte von Schleiden zum Theil, das Fungin und der vegetabilische Schleim (vergl. Bd. 3. S. 869—871 u. 900) jetzt identisch erkannt worden ist, findet sich in den Pflanzen theils in Form eines dicken Schleims in den Zellen, theils als zellenbildende Substanz und scheint überhaupt in den meisten Fällen nur ein Zersetzungsprodukt der Cellulose zu sein, da sich die Holzzellen aller alten Hölzer von außen nach und nach in Bassorinzellen verwandeln, bei der sog. Weißfäule des Holzes das gesammte Zellgewebe in eine weiche, weiße, schwammige, aus Bassorin bestehende Masse übergeht und bei der Fäulniß und Gährung saftiger und anderer Pflanzentheile, wie z. B. der Aepfel, Birnen, Pflaumen, Rettige, Möhren und vieler kranker Kartoffeln Bassorin erzeugt wird. In anderen Fällen vertritt es jedoch die Cellulose; so bestehen die Hefenzellen (Gährungspilze), die Zellen im Kirschgummi, die Zellen vieler schleimiger Algen und sämmtlicher Pilze aus Bassorin.

Das Dextrin (vergl. Bd. 3. S. 867 und 868) ist wahrscheinlich in allen Pflanzensäften und überall in den Pflanzentheilen enthalten, wo neue Zellen gebildet werden sollen, weßhalb es auch der eigentliche bildsame Stoff zu sein scheint; vom Gummi unterscheidet es sich besonders dadurch, daß es mit Schwefelsäure Stärkezucker giebt, was beim Gummi nicht der Fall ist.

§. 78. Das Lignin, der Holzstoff, die Holzfaser oder das Xylogen (vergl. zum Theil Bd. 3. S. 897 ff.), aus welchem das beinharte Zellgewebe der Nußschalen und die verholzte Masse der Holzzellen zusammengesetzt ist, scheint mit dem Bassorin sehr nahe verwandt zu sein, und unterscheidet sich von dem Gummi, Inulin, Stärkmehle u. s. w. dadurch, daß es $\frac{1}{5}$ weniger Elemente des Wassers, d. h. Sauerstoff und Wasserstoff im Verhältniß der Wasserbildung gebunden, enthält als diese Stoffe.

Kützing faßt unter dem Namen der Inulin- oder Sinistringruppe das Inulin, Gummi nebst Bassorin und Lignin zu einer chemischen Gruppe zusammen, deren Glieder Das gemeinschaftlich haben, daß sie durch Jod orangegelb oder braun gefärbt werden, und daß ihre Lösungen das polarisirte Licht nach links drehen. Die Inulingruppe bildet nach demselben Naturforscher mit der Amylgruppe (vergl. §. 75) die Cellulosereihe, die sämmtliche bisher erörterte Stoffe, deren Zusammensetzung durch die Formel $C_6H_4O_4$ ausgedrückt ist und die durch verdünnte Schwefelsäure in Traubenzucker verwandelt werden, umfaßt.

§. 79. Die Pektose (vergl. zum Theil Bd. 3. S. 871 ff.) findet sich in den Parenchymzellen der unreifen Früchte, der Möhren und Runkelrüben, und hat eine nicht unbedeutende Rolle im Organismus der Gewächse. Nach Fremy bedingt sie die Härte der unreifen Früchte und geht beim Reifen derselben oder beim Kochen in Pektin ($C_{64}H_{40}O_{56} + 8HO$) über, das im reinen Zustand immer gummiartig ist und beim Auflösen in Wasser keine Gallerte bildet; tritt diese Eigenschaft ein, so ist es in das mit ihm isomere Parapektin übergegangen. Diese drei Stoffe bilden nach Kützing mit den ihnen verwandten oder aus ihnen entstandenen Stoffen, dem Metapektin, der Pektinsäure, Parapektinsäure, Metapektinsäure (vergl. a. a. O. S. 477 ff.) und Pektase eine der Cellulosereihe (vergl. §. 78) entgegengesetzte Reihe, deren Glieder nach der Formel $C_8H_5O_7$ zusammengesetzt sind und die schon durch verdünnte Säuren oder siedendes Wasser verändert werden können; sie finden sich in saftigen, fleischigen Früchten und Wurzeln und sollen zuweilen an der Zusammensetzung der Zellenmembran Theil nehmen.

§. 80. Das Viscin findet sich in der größten Menge in den Beeren von Viscum album und ist ein wasserheller, fadenziehender, sehr zäher (daher seine Verwendung zum Vogelleim) Stoff, welcher sich nicht in Wasser löst und überhaupt gegen Reagentien sehr unempfindlich, daher auch wenig bekannt ist. Er nimmt bei der Gattung Viscum, vielleicht auch bei anderen Pflanzen, an der Bildung der Zellenmembran Theil.

Nach Kützing giebt es noch zwei andere Stoffe, welche bei manchen Gewächsen als Zellen-bildende auftreten, nemlich das Gelacin, das in einer Abtheilung der niederen Algen (Euactis, Dasyactis, Calothrix, Lyngbya, Scytonema u. drgl.) die Zellenmembran bildet und durch Schwefelsäure intensiv grün gefärbt wird, und das Eugelacin, welches die Zellen der Gattung Gleocapsa bildet und durch Säuren schön roth, durch Alkalien blau gefärbt wird.

§. 81. Der Zucker (vergl. Bd. 3. S. 873—887) findet sich sehr häufig im pflanzlichen Organismus und besonders da, wo Stärkmehl, Dextrin oder Cellulose gebildet werden sollen oder aufgelöst werden, wie z. B. in unreifen Hülsenfrüchten und Cerealien, im Frühlingssafte der Birken, Ahorne und anderer Bäume, in großer Menge und längere Zeit bleibend in den Stengeln mancher Gräser, wie in dem Zuckerrohr, im Mais und in Holcus saccharatus, in einigen fleischigen Wurzeln, wie in der Möhre und Runkelrübe, besonders in der Abart Zuckerrübe, in saftigen Früchten, in den Honigdrüsen der Blüthen und in den Blättern mancher

Pflanzen, z. B. in denen der Lippia dulcis; er ist fast durchgehends und nur im aufgelösten Zustande in dem Zellsafte enthalten und nur in den Honigbehältern der Blumen, in welche er aus dem Zellgewebe secernirt wird, findet er sich zuweilen, z. B. in den Nektartropfen am Grunde der Blumenblätter von Fritillaria imperialis, in Folge der Verdunstung des Wassers krystallisirt. Man unterscheidet Rohrzucker, der vorzugsweise in den jungen Grasstengeln und den saftigen süßen Wurzeln enthalten ist, und Traubenzucker, der sich in süßen und zugleich säuerlichen Früchten findet. Er läßt sich bei Gegenwart stickstoffhaltiger Substanz in der Pflanzenzelle durch Schwefelsäure nachweisen, indem dann der Zellensaft roth gefärbt wird.

Das Mannit oder der Mannazucker (vergl. Bd. 3. S. 892 bis 894) findet sich gelöst im Zellsaft verschiedener Pflanzen, namentlich in Tamarix gallica, Fraxinus excelsiop und Fr. Ornus, ferner im Honigthau, in der Selleriewurzel, in der Wurzelrinde des Granatapfelbaums, in den Gurken und in mehreren Pilzen der Gattung Agaricus; man glaubt jetzt, daß das Mannit erst durch einen Gährungsproceß nach dem Austreten des Saftes durch Zersetzung des Traubenzuckers erzeugt werde.

§. 82. Die fetten Oele oder die Fette (vergl. Bd. 1. S. 693 ff. und Bd. 3. S. 729 ff.) sind im Pflanzenreich sehr verbreitet und finden sich im Organismus in dem flüssigen Zelleninhalte in Form von Tröpfchen schwimmend, die nach Kützing durch einen proteinartigen Stoff, welcher sie gleichsam zellenartig einhüllt, getrennt werden. Obgleich die fetten Oele keiner Pflanze zu fehlen scheinen, so finden sie sich aber in großen Mengen nur in gewissen Pflanzen und besonders in den Fruchthüllen und Samen, wie in den Früchten der Palmen, in den Fruchthüllen der Oliven, in den Cotyledonen der Cruciferen und Synanthereen, in den Samen der Amygdalaceen, des Mohns, der Nüsse, der Buchecken u. s. w., seltner in anderen Pflanzentheilen und am seltensten in den unterirdischen, wie in den Erdmandeln (den Knollen von Cyperus esculentus). In den ölhaltigen Samen scheinen sie beim Keimen derselben die Stelle des Stärkmehls zu vertreten, d. h. sich in Cellulose verwandeln zu können; unzweifelhaft ist es, daß viele fette Oele aus Stärkmehl entstehen. Wie Bd. 3. S. 729 und 1130—1134 angegeben, sind die fetten Oele und Talgarten des Pflanzenreiches wie die des Thierreiches Gemische von Elain und Stearin, bei einigen auch von Margarin und diese Stoffe selbst wieder Verbindungen (?) von besonderen Fettsäuren und Glycerin; jedoch enthalten die Gemengtheile einiger fetten Oele eigenthümliche Fettsäuren (vergl. Bd. 3. S. 508 und 509 und 1133 und 1134), so wie auch die sonst nur dem Thierreiche eigenthümliche Buttersäure in den Hülsen von Ceratonia Siliqua, in dem sog. Johannisbrod, vielleicht jedoch als Zersetzungsprodukt aufgefunden worden ist.

§. 83. Das Wachs (vergl. Bd. 3. S. 733—736) ist in dem pflanzlichen Organismus sehr verbreitet, ist in den Zellen in Form kleiner Kügelchen enthalten und bildet daselbst gewöhnlich den Träger des Blattgrüns oder Chlorophylls, weßhalb es sich aus allen grünen Pflanzentheilen in Folge der Behandlung mit Aether ausziehen läßt; in großer

Menge finden sich aber diese Wachskügelchen in den Milchsäften, namentlich in dem des Galactodendron utile, und sehr häufig als ausgeschiedener Stoff an der Außenseite des pflanzlichen Organismus als Ueberzüge, welche dazu dienen, die Pflanzentheile gegen das Eindringen des Wassers zu schützen. Dergleichen wachshaltende Ueberzüge sind der bläuliche, reifartige Ueberzug der Pflaumen, der mehlartige der Melde (Chenopodium album). In größerer Menge schwitzt das Wachs an den Blättern der Ananas, des Elymus arenarius und in den Bracteen der Musa paradisiaca und der Strelitzia farinosa aus; die reichlichste Absonderung findet aber an den Früchten von Myrica cerifera, Croton sebiferum und Tomex sebifera und am Stamm von Ceroxylon andicola statt. Das Wachs entsteht in dem pflanzlichen Organismus aus dem Stärkmehl und den verwandten Stoffen, so wie auch aus Zucker, wofür die Thatsache spricht, daß im Zuckerrohr je mehr Wachs enthalten ist, je weniger Zucker vorhanden.

b. Stickstoffhaltige assimilirte Stoffe.

§. 84. Mit dem Namen Protoplasma wurde zuerst durch Mohl diejenige Masse bezeichnet, welche sich als Zelleninhalt junger, kräftig vegetirender Pflanzentheile in allen Zellen, wo neue Zellen gebildet werden sollen, vorfindet; es bildet eine trübe, gelbliche, dickflüssige, granulöse Masse, welche in strömender Bewegung zu sein scheint und sich nicht mit dem übrigen flüssigen Inhalt der Zellen vermengt, durch Jod eine unter dem Mikroskop in der lebendigen Zelle wahrnehmbare dunkelorange Färbung erleidet und durch Weingeist körnig und fadenziehend oder membranös wird. Das Protoplasma ist ein Gemenge von drei Körpern, welche wegen des gemeinschaftlichen Zugrundeliegens eines und desselben Stoffes, das Proteïn ($=C_{36}H_{25}N_4O_{10}$) Proteïnverbindungen, inspec. aber Pflanzencafeïn, Pflanzenkäsestoff oder Legumin ($=C_{36}H_{25}N_4O_{10}+S$), Pflanzenfibrin oder Pflanzenleim ($=10C_{36}H_{25}N_4O_{10}+S+P$) und Pflanzenalbumin oder Pfanzeneiweißstoff ($=10\,C_{36}H_{25}N_4O_{10}+P+2S$) genannt werden (vergl. Bd. 3. S. 903—911). Diese drei Stoffe kommen in unendlich vielen Modifikationen in den Pflanzen vor, und zwar der erstere vorzüglich in den Hülsenfrüchten, in den Mandeln und anderen öligen Samen, die beiden anderen mit einander gemengt in den meisten Pflanzensäften. In ihrer Gesammtheit, als sog. Protoplasma, sind sie wegen der Veränderungen von der größten Wichtigkeit für den pflanzlichen Organismus, welche es in anderen nicht stickstoffhaltigen assimilirten Stoffen hervorruft; sie bedingen die Gährung oder die Verwandlung des Stärkmehls in Dextrin, des Dextrins in Zucker u. s. w. und veranlassen in der lebenden Pflanze jedenfalls noch ganz andere Stoffumwandlungen, auf welchen der vegetabilische Stoffwechsel im Inneren des Organismus, und die Bildung und Umbildung der Elementarorgane, also ein wesentlicher Theil des sog. vegetabilischen Lebens beruht.

§. 85. Durch die Bildung von Proteïnstoff in der Cellulose entstehen zwei Stoffe, welche die Wandungen vieler älteren Zellen zusammensetzen und die Mittelglieder zwischen den Gliedern der Cellulosereihe und den Proteïnverbindungen bilden. Der eine dieser Stoffe ist das Suberin

oder die Korksubstanz (vergl. Bd. 3. S. 901), aus welcher die Zellen des Korks zusammengesetzt sind, und der andere die dem Suberin sehr verwandte sog. Cuticularsubstanz, welche einen Ueberzug vieler Pflanzentheile ausmacht und sehr schwierig von Schwefelsäure verändert, leicht aber von Laugen gelöst wird.

Das Pollenin (vergl. Bd. 3. S. 900) ist mit der Cutucularsubstanz völlig identisch und unterscheidet sich von dieser dadurch, daß es ursprünglich an den Pollenkörnern vorhanden ist, während diese erst später aus der Cellulose erzeugt wird.

2. Nebenprodukte des Assimilationsprocesses.

§. 86. Bei dem Assimilationsproceß im Inneren des pflanzlichen Organismus finden sich eine sehr große Menge von Stoffen und einige derselben haben eine außerordentlich große Verbreitung, ohne jedoch an der Bildung der Elementarorgane Theil zu nehmen. Es sind derartige Nebenprodukte des Assimilationsprocesses die Farbstoffe, die Säuren, die Extraktivstoffe, die ätherischen Oele und die Harze als die sehr allgemein verbreiteten, die Alkaloide und das Kaoutchouk als die weniger häufig vorkommenden Stoffe. Diese Stoffe finden sich im pflanzlichen Organismus theils, wie die ätherischen Oele und Harze in flüssiger Gestalt im Zellensafte oder in besonderen Saftbehältern, theils wie viele Pflanzenfarbstoffe und das Kaoutchouk, in kleinen Körnchen oder Kügelchen, die im Zellensafte und anderen Säften suspendirt sind, und bestehen entweder aus Kohlenstoff und Wasserstoff (viele ätherische Oele) oder aus diesen beiden Elementen und wenig Sauerstoff (andere ätherische Oele und alle Harze), oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und viel Sauerstoff (die Pflanzensäuren) oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff (viele Farbstoffe und die Mehrzahl der Alkaloide). In den nachfolgenden Paragraphen sind die genannten Stoffe nicht nach ihrer Zusammensetzung, sondern nach ihren allgemeineren Eigenschaften erörtert.

§. 87. Die Pflanzenfarbstoffe sind diejenigen Nebenprodukte des pflanzlichen Assimilationsprocesses, welche die Färbung der Pflanzentheile bedingen; im weiteren Sinn werden darunter alle diejenigen Pflanzenstoffe verstanden, welche, wenn sie auch in dem pflanzlichen Organismus gar nicht oder anders gefärbt auftreten, durch den Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffes oder anderer chemischen Agentien gewisse Farben erhalten, im engeren Sinn aber nur diejenigen Stoffe dieser Art, welche für sich oder in Verbindung mit anderen Körpern mehr oder weniger dauerhafte Farben geben. Die Pflanzenfarbstoffe sind sehr zahlreich, aber im Ganzen noch wenig untersucht; die meisten scheinen Stickstoff zu enthalten. Sie finden sich theils aufgelöst im Zellensaft, theils in den Zellen in Form kleiner Kügelchen, die jedoch nur selten oder nie durch und durch aus dem Farbstoff bestehen, sondern hauptsächlich aus anderen Stoffen, wie Stärkmehl, Wachs, Proteïn u. s. w., welche von dem eigentlichen Farbstoff überzogen sind, bestehen.

Das Chlorophyll (vergl. Bd. 3. S. 726—729 über Synonyme und Eigenschaften) ist der wichtigste und verbreitetste Pflanzenfarbstoff, da

es sich in allen grün gefärbten Pflanzentheilen vorfindet. Es kommt nicht allein, wenn auch besonders in den äußeren Zellenschichten des Pflanzenkörpers, sondern auch in tiefer gelegenen Zellenschichten, wie z. B. in den Zellen des Keimes der reifen Samen von höheren Pflanzen, und nie im aufgelösten Zustande, sondern entweder im membranen, besonders in Form spiralförmiger Bänder (wie in den Zellen von Spirogyra) oder in körniger Form mit einem Kern von Stärkmehl, Proteïnverbindungen u. s. w., aber nie in ganz daraus bestehenden Körnern vor. Nach Kützing ist das Chlorophyll ein Zersetzungsprodukt des Proteïns durch das Licht, was dadurch zu begründen gesucht wird, daß das Proteïn in den meisten Fällen ein Träger des Chlorophylls und in dem Falle, wo Stärkmehlkörner den Kern desselben bilden, dieser von einer dünnen Schichte von Proteïnkörpern umschlossen ist. Mulder fand den reinen grünen Farbstoff der Blätter von Populus tremula nach der Formel $C_{18}H_9NO_8$ und das denselben begleitende Wachs nach der Formel $C_{15}H_{15}O$ zusammengesetzt. — Obgleich das Chlorophyll durch den Einfluß des Lichtes erzeugt wird, so wird es auch ebenso leicht wieder davon zersetzt und im reinen Zustande augenblicklich entfärbt. In dem Pflanzenkörper selbst entstehen dabei rothe, gelbe und schwärzliche Farbstoffe, worauf die gelbe, rothe und schwärzliche Färbung der Blätter im Herbste, das Gelb- und Rothwerden der reifenden Fruchtschalen des Obstes und überhaupt das beim allmähligen Aufhören des Vegetationsprocesses eintretende Gelbwerden aller grünen Pflanzentheile beruht; da nun in derartig umgeänderten Pflanzentheilen auffallende Mengen von Wachs enthalten sind, so ist Mulder der Ansicht, daß der grüne Farbstoff jener Theile in Wachs verwandelt werden müsse.

Der eigenthümliche farblose Grundstoff des Indig's (vergl. Bd. 3. S. 705—717), das Indigweiß hat, wie seine Zusammensetzung (der Formel $C_{16}H_6NO_2$ entsprechend) zeigt, große Aehnlichkeit mit dem Chlorophyll. Dieser Stoff findet sich in den Zellen vieler Pflanzen, besonders in den Arten der Gattung Indigofera, ferner in Isatis tinctoria, Polygonum tinctorium, Nerium tinctorium, Asclepias tingens, Marsdenia tinctoria, Spilanthus tinctorius, in mehreren tropischen Orchideen, wie Limodorum veratrifolium u. s. w., und scheidet sich, so wie er mit der Luft in Berührung kommt, aus dem Saft oder dessen wässeriger Lösung als Pulver oder in Körnern ab, die sich alsbald dunkelblau färben. Ueber die näheren Bestandtheile des Indigs und ihre Eigenschaften vergl. a. a. O., so wie über die übrigen Pflanzenfarbstoffe a. a. O. S. 676—729.

Als den Indigfarbstoffen nahe stehende Körper sind die von Kützing in der Meertange aufgefundenen Farbstoffe, das Phykokyan, Phykoerythrin und Phykohämatin, welche die rothen und bläulichen Farben jener Gewächse bedingen, zu erwähnen.

Die Blumenfarbstoffe sind blau, roth und gelb mit den verschiedenartigen Nüancirungen und finden sich theils in dem Zellensaft aufgelöst, theils in den Zellen kleiner Kügelchen; sie scheinen, da die meisten Blumen als Knospen eine grünliche Farbe haben, aus Chlorophyll zu entstehen. Die Blumenfarbstoffe sind unter allen Farbstoffen diejenigen, die sich am leichtesten verändern; die blauen Blumen werden durch Säuren gewöhnlich erst violett, dann roth, durch Alkalien aber grün und dann

gelb, die gelben durch Säuren roth und die gerötheten durch Alkalien erst violett, dann blau, grün und zuletzt wieder gelb gefärbt. Kützing ist der Ansicht, daß den verschiedenen Blumenfarbstoffen ein und derselbe Stoff zu Grunde liege, der durch im Zellensaft vorherrschende saure oder alkalische Reaktion seine Farben erhalte; die rothe Farbe deute auf das Vorhandensein von Säure, die blaue aber auf die Gegenwart freien Alkalis, so wie das Vorherrschen des einen oder anderen Körpers während der Entwicklung der Blume die Farbenveränderung derselben bedinge.

§. 88. Die verschiedenen Pflanzensäuren werden während des Assimilationsprocesses im pflanzlichen Organismus erzeugt und finden sich im freien Zustande und aufgelöst in dem Zellensafte oder mit Basen, besonders mit unorganischen Basen, namentlich mit Kalk verbunden zum Theil fest, zum Theil in flüssiger Form in den Zellen. Aus den beim Reifen des Obstes vollständig oder zum großen Theil verschwindenden Pflanzensäuren hat man gefolgert, daß sie in einer gewissen Beziehung zu dem Zucker stehen, leicht aus demselben und leicht in denselben übergehen. Liebig ist der Ansicht, daß in dem lebensthätigen Pflanzenorganismus die in Wasser gelöste Kohlensäure bei Gegenwart von Alkalien erst in Oxalsäurehydrat, dieses in Weinsteinsäure, Aepfelsäure und endlich in Zucker und Dextrin übergehe und daß demnach die Pflanzensäuren gleichsam die Mittelglieder zwischen den unorganischen und den organischen Stoffen bilden. — Diejenigen Säuren, welche sich vorzüglich in den Früchten mit saftigem, säuerlichem Fleisch finden, heißen Fruchtsäuren, wohin die in Weinbeeren, Pflaumen, Maulbeeren, Tamarinden und Ananasfrüchten, aber auch in dem Pfeffer, in der Rhabarbar, in den saftigen Blättern der Agave americana, in den Gurken, in Taraxacum officinale, in der Krappwurzel u. s. w., und an Kalk gebunden in den Knollen von Helianthus tuberosus, in den Früchten von Rhus typhinum, in der Meerzwiebel und in dem Quassiaholze vorkommende Weinsteinsäure (vergl. Bd. 3. S. 486—495), die gewöhnlich von Weinsteinsäure und Citronensäure begleitete, besonders in den Aepfeln und vielen anderen säuerlichen Früchten und Pflanzentheilen vorkommende Aepfelsäure (vergl. a. a. O. S. 470 und 471) und die hauptsächlich in den Citronen, Pomeranzen und Orangen, aber auch mit Weinsteinsäure und Aepfelsäure in den Stachel-, Johannis-, Erd-, Heidel-, Brom-, Preussel- und Himbeeren, in den Hagebutten und Rosenäpfeln, in den Liebesäpfeln, in den Früchten verschiedener Weißdornarten, im spanischen Pfeffer, in den Zwiebeln, in der Haselwurz u. s. w. vorkommende Citronensäure (vergl. a. a. O. S. 467—470) gehören. Unter den übrigen in dem zweiten Band erster Abth. von S. 428—456 und in dem dritten Band unter dem Abschnitt 1. S. 445—519 beschriebenen Pflanzensäuren sind noch, da dieselben in verschiedenen Pflanzen vorkommen, zu erwähnen die Essigsäure, die in allen sich entwickelnden Embryonen der Pflanzensamen, jedenfalls in Folge der Oxydation des beim Keimen sich bildenden Weingeistes vorfindet, die Akonitsäure und die mit dieser identischen Equisetsäure, Fumarsäure und Flechtensäure, welche meist an Kalk gebunden in Aconitum Napellus, in den Schachtelhalmen, Fumaria officinalis, Glaucium luteum und vielen anderen Pflanzen vorkommen, die in der Benzoë und Vanille sich vorfindende Benzoë-

säure, die im Storax und Perubalsam enthaltene Zimmtsäure (vergl. Bd. 3. S. 753) und das den Säuren zuzurechnende, in den Blüthen von Anthoxanthum odoratum, Melilotus dentata, officinalis und anderen Arten, in Holcus europaeus, in den Bohnen von Dipterix odorata und in anderen Pflanzen vorkommende Coumarin (vergl. Bd. 3. S. 796 und 797), so wie die Ameisensäure, welche sich frei in den Brennhaaren der Nesseln und anderer Brennen erregenden Pflanzen, so wie auch mit Buttersäure im Johannisbrod vorfindet, und die Oxalsäure (vergl. Bd. 3. S. 474), welche sehr verbreitet ist.

§. 89. Pflanzenalkaloide, welche sich in fast allen Pflanzenfamilien vorfinden, sind in vielen Fällen als reine Ausscheidungsprodukte zu betrachten und scheinen durch die Einwirkung der Pflanzensäuren auf die proteïnhaltigen Verbindungen entstanden und auf das Pflanzenleben von geringer Bedeutung zu sein. Vergl. über die einzelnen Alkaloide nach ihrer Familienabstammung Bd. 2. S. 546 — 473 und in Beziehung auf ihre Gewinnung und Eigenschaften Bd. 3. S. 524 — 618.

§. 90. Die ätherischen Oele des Pflanzenreiches scheinen in den Pflanzen durch Jodoxydation des Zuckers, Dextrins, Stärkmehls u. s. w. zu entstehen und sind als entschiedene Ausscheidungsprodukte zu betrachten, da sie sich nur in bestimmten Zellen und Saftbehältern, welche sie vollständig erfüllen, vorfinden. Sie unterscheiden sich von den fetten Oelen nicht nur durch ihre Flüchtigkeit, welche Eigenschaft die Veranlassung gegeben hat, im Ganzen sehr verschiedenartige Pflanzenstoffe unter der Gesammtbezeichnung ätherische oder flüchtige Oele zusammenzufassen, sondern auch durch ihre Zusammensetzung, durch den starken Geruch und scharfen Geschmack. Vergl. über die verschiedenen ätherischen Oele Bd. 3. S. 737 — 803.

§. 91. Die Harze sind größtentheils sekundäre Produkte, entstanden durch die Einwirkung und Verbindung des atmosphärischen Sauerstoffes (vielleicht auch des Wassers) auf die ätherischen Oele. Sie finden sich in den Pflanzen in besonderen Räumen des Zellengewebes in mehr oder minder dickflüssiger Beschaffenheit, weßhalb sie bei Verletzungen des harzführenden Organismus gewöhnlich herausquellen; sie gerinnen meist an der Luft oder erstarren, reagiren meist in der weingeistigen Lösung sauer und bestehen meist aus verschiedenen harzigen Modificationen. Vergl. über Harze Bd. 3. S. 803 — 844.

§. 92. Unter dem Namen Extraktivstoffe begreift man eine Zahl an und für sich zum Theil sehr verschiedener Pflanzenstoffe, die weder einer der vorher beschriebenen Gruppe, noch den Gerbstoffen oder Kaoutchoukkörpern angehören. Sie finden sich als reine Exkrete in den Zellen der Pflanzen in flüssiger Form und scheinen in dem Organismus keine Farbe zu haben, sind aber in den wässerigen Auszügen stets gefärbt. Vergl. über Extraktivstoffe und damit jedenfalls zusammenfallende Bitterstoffe Bd. 3. S. 618 — 680.

§. 93. Die sog. Gerbstoffe, welche sich in sehr vielen Pflanzen, besonders im Holz, in der Rinde, in den Fruchtschalen, in den von Insektenstichen veranlaßten Auswüchsen u. s. w. theils im flüssigen Zustand im Zellensaft, theils in fester Form in der Zellenmembran mit der Cellulose

vermengt vorkommen, sind ebenfalls als ausgeschiedene Stoffe zu betrachten. Nach Schleiden's Annahme sind die Gerbstoffe die Resultate einer geringeren Lebensthätigkeit und eines eigenthümlichen Verwesungsprocesses der Zellenmembran, während Kützing behauptet, daß die Gerbstoffe im reinsten und unzersetzten Zustand nur im frischen Saft jugendlicher, kräftig vegetirender Zellen zu finden sind; für Schleiden's Annahme spricht der Reichthum der Borke oder alten Rinde und frühabsterbender Auswüchse, wie der Galläpfel, an Gerbstoff, für Kützing's Behauptung hingegen die Gegenwart des reinen Gerbstoffes in jungen Eichentrieben, in jungen saftigen Galläpfeln, in den grünen saftigen Wallnußhüllen u. s. w. (vergl. über die Eigenschaften der Gerbstoffe oder Gerbsäuren Bd. 3. S. 497 bis 503). Manche Gerbstoffe, wie das Arteifu und Kino, die besondere Gerbsäuren enthalten, sind gefärbt und werden jetzt bekanntlich häufig als Farbstoffe benützt.

§. 94. Unter dem Namen Kautchoukkörper umfaßt man diejenigen Pflanzenstoffe, welche sich aus den sog. Milchsäften vieler Pflanzen, namentlich aus der Familie der Urticaceen, Euphorbiaceen und Apocyneen, beim Stehenlassen an der Luft an der Oberfläche in der Form eines ganz weißen Rahms abscheiden, der beim Trocknen eine blaßgelbe, sehr durchsichtige und ungemein elastische Haut bildet, welche das Kautchouk darstellt (vergl. über gewöhnl. Kautchouk Bd. 1. S. 654). Dasselbe ist ein reines Exkret, hat aber je nach seiner Abstammung verschiedene Zusammensetzung und Eigenschaften, wie z. B. das Lactucon aus dem Milchsaft von Asclepias syriaca und die Gutta Gireck und Gutta Percha aus dem Milchsafte verschiedener tropischer Sapotaceenbäume sich wesentlich von dem Gummi elasticum aus dem Milchsaft der Siphonia elastica unterscheidet.

§. 95. Unter dem Collektivnamen Humus bezeichnet man eine Reihe von Körpern, die sich bei der Vermoderung abgestorbener vegetabilischer und thierischer Körper bilden, welche insofern für die Pflanzen, von denen sie weder durch die Lebensthätigkeit des Organismus erzeugt, noch von außen aufgenommen werden, von großer Wichtigkeit, als sie das Medium sind, in welchem die meisten Pflanzen am besten gedeihen, wenn in demselben die Bedingungen zur Verwesung, also die Bildung von Kohlensäure und Wasser als der beiden wichtigsten, so unmittelbar an den feinen Wurzelfasern der Pflanzen auftretenden und deßhalb von diesen in der reichlichsten Menge aufgesaugt werdenden Nahrungsmitteln gegeben sind. Bei der Vermoderung der Pflanzen- und Thierkörper treten deren entfernteste Bestandtheile, der Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, zum Theil zu neuen unorganischen und organischen Stoffen zusammen; es entstehen Kohlensäure, Wasser und Ammoniak als unorganische Verbindungen und eine Reihe neuer organischer Stoffe, die trotz der verschiedenartigsten Abstammung doch in einem sehr auffallenden Zusammenhang stehen und eine Reihe von Stoffen bilden, welche Humuskörper genannt werden und im Allgemeinen die Zusammensetzung organischer Stoffe haben. Die kohlenstoffhaltige Verbindung, die bei der Vermoderung zurückbleibt, wird, wenn sie noch indifferenter Beschaffenheit ist, bei schwarzer Farbe Humin, bei brauner Farbe Ulmin genannt. Beide Körper sind in Wasser unlöslich,

werden es aber und unter Umwandlung in besondere Säuren durch die Einwirkung von Alkalien, wobei sich zuerst die Ulminsäure und aus dieser die Huminsäure und die Geïnsäure bilden, während Quellsäure und Quellsatzsäure später zu entstehen scheinen (vergl. Bd. 3. S. 858—860). Aus der humushaltigen Ackererde, welche der geeignetste Boden für die Mehrzahl der Pflanzen ist, wird bei Gegenwart unorganischer auflöslicher Salze durch Wasser ein Gemenge jener Säuren als sog. Humusextrakt ausgezogen, aus welchem zwar durch Säuren die drei ersten Säuren, aber nicht die Quellsäure und Quellsatzsäure abgeschieden werden.

Auch in lebenden Pflanzen, namentlich in alten Stämmen bildet sich zuweilen Humus und bei in sumpfigen Boden wachsenden Pflanzen stirbt oft der Untertheil derselben ab und verwandelt sich in Humus (Bildung von Torf), während der obere Theil noch vegetirt und sogar zu wachsen fortfährt.

Zweiter Haupttheil.

Vegetabilische Zellenlehre. Histiologie.

§. 96. Noch vor wenigen Jahrzehnten unterschied man mehrere Arten vegetabilischer Elementarorgane, nemlich 1) die Zellen, aus welchen der bei weitem größte Theil der meisten vegetabilischen Organismen zusammengesetzt ist, und die sphäroidische, polyedrische, prismatische oder unregelmäßige hohle Gestalten bilden; 2) die Fasern oder Fibern, die fadenförmigen, langgestreckten, dickwandigen biegsamen Röhren, welche sich in dem Baste, in den Stielen und Rippen der Blätter und anderwärts zu Bündeln vereinigt finden; 3) die Gefäße, die weiteren Röhren mit Wandungen von besonderer Struktur, welche ebenfalls zu Bündeln vereinigt bei einer großen Anzahl von Pflanzen an bestimmten Stellen durch das Zellgewebe zerstreut vorkommen; 4) die Saftkanäle oder Milchsaftgefäße, die vielfach verzweigten Röhren mit gewöhnlich strukturlosen Wandungen, welche bei vielen Pflanzen im Zellgewebe zerstreut vorkommen und trübe, meist milchartige Flüssigkeiten enthalten; 5) und 6) die Saftbehälter und Lufthöhlen, die weiten, regelmäßig oder unregelmäßig geformten Höhlungen im Zellgewebe, die mit flüssigem Harz, Gummi u. s. w. oder mit Gasarten angefüllt sind. Als jedoch in der Neuzeit der Entwicklungsgang des pflanzlichen Organismus mit größerer Aufmerksamkeit untersucht worden, ist man zu einer ganz anderen Ansicht über die verschiedenen Formen der Elementarorgane übergegangen und aus den Beobachtungen Mohl's, Schleiden's, Unger's, Kützing's u. A. mit Sicherheit nachgewiesen worden, daß alle Pflanzentheile und selbst die der am vollkommensten organisirten Gewächse im jüngsten Zustand nur aus

Zellen entstehen, und daß die Fasern und Gefäße nicht Anderes sind, als spätere Umbildungen von bestimmten Zellen und Zellenreihen, daß erstere, die Fasern, sehr stark in die Länge ausgedehnte Zellen sind, letztere, die Gefäße, aus Reihen linienförmig angeordneter gestreckter durch Resorbirung der Querwände entstehen, wodurch eine gegliederte Röhre mit ununterbrochener Oeffnung gebildet werden muß, daß ferner die Saftbehälter und Luftröhren gar keine Organe, sondern Räume im Zellengewebe sind, deren Wandungen aus keiner eigentlichen Membran bestehen, sondern nur von den der Höhlung zugekehrten Wandungen der dieselben umgebenden Zellen gebildet werden; endlich scheint auch aus den Untersuchungen Schacht's hervorzugehen, daß auch die Milchgefäße eine bloße Modifikation der Zellen sind.

§. 97. Die Zelle ist demnach als das eigentliche Grundorgan der Pflanzen, als das einzige wahre Elementarorgan aller pflanzlichen Organismen zu betrachten, und es giebt eine einzige Klasse von Elementarorganen, die Zellen nemlich, die jedoch je nach der Entwicklungsstufe, auf der sie sich befinden, nach ihrer physiologischen Bestimmung und nach ihren Funktionen in den manchfaltigen Formen auftreten und in ihrer Wandung höchst verschiedene Organisationen darbieten, so wie sie auch auf die unregelmäßigste und sehr verschiedene Weise mit einander verbunden das Gewebe bilden. Die Entstehung, Entwicklung und Struktur der Elementarorgane, das Zusammentreten derselben zu Geweben und die Entstehung und Entwicklung, die Formen und den Bau dieser Gewebe zu erforschen und zu lehren, das ist der Gegenstand der Histiologie; um hierzu zu gelangen und dieses auszuführen, ist es aber nothwendig, die Entstehung, Entwicklung, Formen- und Strukturverhältnisse der einzelnen Zelle als ein individuelles, für sich abgeschlossenes Organ kennen zu lernen.

Die Literatur über die Zellenlehre ist eine ziemlich reiche, jedoch zum Theil veraltete; die zum Studium der Histiologie empfehlenswerthesten Werke sind:

Willkomm, Anleitung zum Studium der wissenschaftl. Botanik, 1854.
v. Mohl, Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle, 1850.
Schacht, Physiologische Botanik. Die Pflanzenzelle, der innere Bau und das Leben der Gewächse, 1852.
Kützing, Philosophische Botanik, 1851 und 1852.
Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, 1849.

Als ältere, zum Theil noch sehr brauchbare Werke sind zu nennen:

Link, Anatomia plantarum iconibus illustrata, 1843—1847.
Unger, Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 1846.
Gaudichaux, Recherches générales sur l'organographie, la physiologie et l'organogème des végétaux, 1841.
Viviani, Della structura degli organi elementari nelle piante e delle loro funzioni nella vita vegetabili, 1831.
Brown, Vermischte Schriften, herausgegeben von Nees von Esenbeck, 1825—1834.

Hundeshagen, Lehrbuch der land- und forstwirthschaftlichen Naturkunde; zweiter Theil: Anatomie, Chemismus und Physiologie der Pflanzen, 1829.
Meyen, Phytotomie, 1830.

Erster Abschnitt.

Die Zelle als Einzelorgan.

§. 98. Die Pflanzenzelle oder vegetabilische Zelle, cellula vegetabilis, ist im vollkommen entwickelten und lebensthätigen Zustand eine aus Zellstoff gebildete Wandung, welche ein ringsum geschlossenes Bläschen darstellt, in dessen Höhlung ein zartes, von weichem Protoplasma umkleidetes und mit einer stoffbildenden Flüssigkeit erfülltes Bläschen befindlich ist. Es besteht also jede lebensthätige Zelle aus drei Theilen, nemlich 1) aus der festen stickstofffreien Membran der äußeren Blase oder aus der eigentlichen Zellenmembran, 2) aus der weichen stickstoffhaltigen Membran der inneren Blase oder aus dem Protoplasma, und 3) aus dem Zelleninhalt oder der stoffbildenden Flüssigkeit. Es gibt keine Pflanze, die nicht zu irgend einer Zeit solche Zellen hat. Kein anderes Formalelement gilt als allgemein wesentlicher Pflanzentheil (Schleiden in seinem Handbuch der medicinisch-pharmaceutischen Botanik S. 10). Ehe die Zelle den gegebenen Charakter erreicht, durchläuft sie eine Reihe verschiedener Zustände, und darüber hinaus entstehen wiederum die mannichfaltigen Veränderungen, durch welche das anscheinend so verschiedene Gewebe der Pflanzen bedingt ist.

§. 99. Die frühesten Zustände bei der Entstehung der Zelle sind schwierig zu erforschen. Es scheint hierbei die stickstoffhaltige Membran oder Auskleidung, welche Mohl sehr passend den Primordialschlauch nennt, und eine in dieser sich deutlich zeigende Scheibe, der Zellenkern, die wichtigste Rolle zu spielen und erst später die stickstofffreie Membran gebildet zu werden. Die späteren Veränderungen der Zelle sind ungleich mannichfaltiger und zeigen sich theils in der Veränderung der Gestalt, theils in der Verdickung der stickstofffreien Membran, theils in einer chemischen Veränderung. Die Formveränderungen der Zelle hängt wahrscheinlich von der Ernährung der einzelnen Theile ihrer Wand ab; findet diese von allen Seiten gleichmäßig statt, so wird die Zelle kugelig und durch gegenseitige Abplattung mehrerer Zellen polyedrisch; findet sie hingegen allseitig nur an einzelnen Stellen statt, so bilden sich Auswüchse; findet die Ernährung nur in der Ebene des Umfanges statt, so bildet sich eine scheibenförmige und, wenn sie bei dieser Lagerung nur stellenweise vor sich geht, eine strahlige Zelle; findet hingegen die Ernährung nur an den beiden entgegengesetzten Seiten statt, so bilden sich langgestreckte Zellen; dadurch aber, daß die Ernährung an verschiedenen Stellen einer und derselben Zelle theilweise auftreten kann, wird es erklärlich, weßhalb die

Zellgestalten eine so große Mannichfaltigkeit haben. Die Verdickung der stickstofffreien Membran findet nur bis zu einer gewissen Zeit statt, worauf dieser Wachsthumsproceß aufhört und es lagern sich nun auf der inneren Fläche derselben Zellstoffschichten zuweilen in so großer Zahl ab, daß die Höhlung fast ganz ausgefüllt wird. Die Lage und Form dieser Schichten, welche niemals ganz zusammenhängend, sondern von kleineren oder größeren Löchern oder Spalten durchbrochen oder auch nur in der Form von einem oder mehreren gleichlaufenden spiralartigen Bändern entwickelt sind, giebt den Unterschied von porösen Zellen und Faserzellen, welche letztere wiederum nach den besonderen Formen der Fasern in Ring-, Netz- und Spiralfaserzellen zu unterscheiden sind. Mitunter sind auch die Verdickungsschichten einer und derselben Zelle verschieden, z. B. zum Theil porös, zum Theil spiralfaserig, sehr selten aber und vorzugsweise nur an langgestreckten und frei sich entwickelnden Zellen nach außen oder innen knotig oder warzig. In Folge der chemischen Veränderungen wird häufig und gewöhnlich zur Zeit der Entstehung der Verdickungsschichten der Primordialschlauch aufgelöst; sein Stoff scheint die Zellstoffmembran zu durchdringen, indem diese allmählig die Reaktion auf Zellstoff verliert und dagegen die der stickstoffhaltigen Bestandtheile annimmt. Zuweilen werden dabei auch Theile der Zellstoffwand selbst aufgelöst, besonders bei den in cylindrischen Reihen aufeinander gestellten Zellen, deren Höhlungen dadurch in fortlaufenden Zusammenhang gesetzt werden und die Veranlassung gegeben haben, sie Gefäße und da sie auch die verschiedenen Verdickungsschichten zeigen, Ring-, Spiral-, Netz- und poröse Gefäße zu nennen.

§. 100. Durch die drei Veränderungen in Folge der Ernährung, der Verdickung und theilweisen Auflösung werden die sehr verschiedenen Formen der Zellen gebildet. Noch mannichfaltiger aber werden diese Formen durch das Zusammentreten der verschiedenen Zellenformen zu einem Zellgewebe. Es kommen dann zu den Zellen selbst noch mannichfache, zwischen den einzelnen Zellen bleibende oder durch spätere Zerstörung der Zellen entstehende Zwischenräume, von denen die ursprünglichen und besonders die Luft führenden, wenn sie lang und schmal sind, Intercellulargänge, wenn sie größer und unregelmäßig sind, Intercellularräume, wenn sie mit Flüssigkeit erfüllt sind, Saftgänge und Saftbehälter genannt werden. Die Saftgänge erhalten häufig später eine der Zellenmembran ähnliche hautartige Auskleidung, wo sie dann wegen der Eigenthümlichkeit ihres Inhaltes Milchsaftgefäße heißen; die durch Zerstörung von Zellgewebe entstandenen Zwischenräume werden, wenn sie von ungestörten glatten Zellen begrenzt sind, Luftgänge und, wenn sie unregelmäßig von zerrissenem Zellgewebe begrenzt sind, Luftlücken genannt.

Zweiter Abschnitt.

Die Zellen in ihrer gegenseitigen Verbindung.

Das Zellgewebe.

§. 101. Die Zellen kommen nur selten isolirt vor, vielmehr sind deren gewöhnlich mehrere oder sehr viele zu einer zusammenhängenden Masse vereinigt, welche das Zellgewebe, contextus cellulosus, genannt wird. Dieses kann auf doppelte Weise entstehen, nemlich entweder dadurch, daß eine Zelle durch Abschnürung in zwei Theile, die wiederum auf dieselbe Weise sich theilen, zertheilt wird, oder dadurch, daß sich neue Zellen, sogen. Tochterzellen im Inneren der ursprünglichen Zelle oder Mutterzelle bilden, also eine Zelle die Stammmutter einer ganzen Generation von Zellen wird. Die erstere Entstehungsweise kommt nur selten und bei den niedrigsten Organismen des Gewächsreiches, z. B. bei den Gährungspilzen vor, während die zweite allgemein verbreitet ist und dabei je nach der Theilung der Mutterzelle und der dadurch bedingten Aneinanderfügung der Tochterzellen bloß nach einer oder nach zwei oder nach allen drei Richtungen des Raumes dreierlei Verhältnisse auftreten können, nemlich entweder eine einfache Zellenreihe (oder ein gegliederter Faden) als die einfachste und niedrigste Stufe des Zellgewebes, oder eine flächenförmige Anordnung (oder eine einfache Zellenschicht oder Zellenmembran) oder als die höchste Stufe des Zellgewebes ein aus Zellen zusammengesetzter Körper.

§. 102. Nimmt man auf die bis jetzt bekannte physiologische Bedeutung der Gewebe Rücksicht, so erhält man vier verschiedene Abtheilungen derselben und in dieser Anordnung erörtert sie Schleiden in seinem Handbuch der medicinisch-pharmaceutischen Botanik, welcher wir als der kürzesten und instruktivsten folgen. Jede Pflanze und jeder Pflanzentheil ist sogleich nach dem Entstehen aus ziemlich gleichartigen Zellen gebildet. Ein Theil derselben wird durch die Bewegung der Säfte zu einem langgestreckten Zellgewebe, welches Gefäßbündel genannt wird, umgewandelt; die äußere Zellenschicht der Pflanzen plattet sich gewöhnlich ab und diese Schicht mit den späteren Umbildungen derselben heißt das Oberhautgewebe, das übrige Zellgewebe aber das Füllgewebe oder Parenchim; da nun alle Pflanzen wachsen d. h. an Zellen zunehmen, so muß auch an jenen eine Gegend zu unterscheiden sein, wo neue Zellen entstehen, deren immerwährend neu sich bildende Zellgewebe das Bildungsgewebe oder Cambium genannt wird. Dieses letztere findet sich selbstredend nicht in den aus einer Zelle bestehenden Pflanzen, so wie auch die Gefäßbündel und das Oberhautgewebe nicht überall, sondern erst von den Moosen an aufwärts in der Pflanzenwelt auftreten.

§. 103. Die Oberhaut besteht ursprünglich aus einer einfachen Zellenschicht, deren Zellen tafel- oder bandförmig, seltener cylindrisch entwickelt und meistentheils an der äußeren Seite abgeplattet sind. Wegen ihres in der Regel sehr festen Zusammenhanges enthält sie keine Inter-

cellulargänge und nur, wenn sich die Oberhaut an der Luft entwickelt hat, bilden sich an bestimmten Stellen zwei halbmondförmige Zellen, welche mit den ausgeschnittenen Seiten gegeneinander gekehrt zwischen sich eine Spalte, die sog. Spaltöffnung, lassen, wodurch die unter der Oberhaut befindlichen Intercellulargänge mit der äußeren Luft in Verbindung stehen. Die Oberhautzellen treten oft in Form kleiner Warzen oder Haare hervor und bilden neue, zu Haaren, Warzen, Stacheln und dergl. heranwachsende Zellen. Bei älterer Oberhaut tritt oft an die Stelle der in diesem Fall mehr oder weniger zerstört werdenden einfachen Zellenschicht ein aus mehreren Lagen tafelförmiger Zellen bestehendes, keine Spaltschicht enthaltendes Gewebe, welches bald abstirbt, trocken wird und Korkschicht heißt. Auf der Oberhaut läßt sich meist eine dickere oder dünnere, zuweilen nach den darunter liegenden Zellen eingetheilte, oft aus Schichten bestehende Substanz erkennen, von der es jetzt gewiß ist, daß sie bei allen höheren Pflanzen ein Ausscheidungsprodukt der Oberhautzellen ist, während sie bei den niederen, keine wirkliche Oberhaut besitzenden Pflanzen aus den Stoffen der Membranen der aufgelösten Mutterzellen verschiedener Zellengenerationen zu entstehen scheint. Diese Schicht heißt die Cuticula und zieht sich sehr häufig durch die Spaltöffnungen in's Innere, kleidet daselbst die Intercellularräume und Intercellulargänge aus und füllt letztere oft gänzlich an, in welchem Fall sie die Intercellularsubstanz genannt wird; ob diese jedoch überall gleichen Ursprungs ist und gleiche Bedeutung hat, ist noch nicht ermittelt.

§. 104. Die Gefäßbündel, fasciculi vasorum, bestehen im Allgemeinen aus meistentheils sog. Gefäße enthaltenden Bündeln langgestreckter Zellen, welche sich in Form von wenigstens im Anfang isolirten Längsstreifen durch die Pflanzentheile hinziehen und nach der Form ihrer Entwicklung in drei wesentlich verschiedene Klassen zerfallen, nemlich in simultane Gefäßbündel und in succedane geschlossene und succedane ungeschlossene Gefäßbündel. Die simultanen Gefäßbündel werden in allen ihren Theilen ziemlich gleichzeitig angelegt und entwickelt und sind keiner späteren Verdickung fähig; die Gefäße derselben liegen meist in der Mitte, sind gleichartig und werden von einem zartwandigen, mit trübem Saft erfüllten Zellgewebe umschlossen. Sie charakterisiren die kryptogamischen Pflanzen von den Moosen bis zu den Equisetaceen. Wenn sich die Gefäßebündel allmählig in einer bestimmten Richtung, welche im Stamme der Richtung von Innen nach Außen, im Blatt der Richtung von Oben nach Unten entspricht, bilden, so heißen sie succedane Gefäßbündel. Sie enthalten zu einer gewissen Zeit immer Bildungsgewebe und sind für die phanerogamen Pflanzen charakteristisch. Sind sie geschlossen, so heißen sie succedane geschlossene Gefäßbündel, welche ihre vollständige Ausbildung sehr schnell erlangen; das Bildungsgewebe bleibt dann als ein Strang eines zartwandigen langgestreckten Zellgewebes zurück; der äußere Umfang des Gefäßbündels besteht aus stärker verdickten, besonders nach Außen und Innen stark entwickelten langgestreckten Zellen, den sog. Bastzellen; in der Mitte liegen hinter dem veränderten Bildungsgewebe die Gefäße, die fast immer verschiedener Art sind, gewöhnlich reihenweise von Innen nach Außen, so daß sich die inneren als Ringe oder Spiralen mit

weit entfernten Fasern, welche bei den folgenden näher zusammenrücken oder netzförmig werden, zeigen, während die äußersten nur poröse Wandungen haben. Diese immer als derbere Fasern im weicheren Füllgewebe auftretenden Gefäßbündel charakterisiren die Monokotyledonen. Sind die succedanen Gefäßbündel ungeschlossen, so heißen sie ungeschlossene succedane Gefäßbündel, die zwar anfänglich mit den vorigen übereinstimmen, aber, da ihr Bildungsgewebe in dem lebensthätigen Pflanzentheil, dem sie angehören, ununterbrochen thätig bleibt, sich fortwährend nach außen und seitlich ausbreiten und so in länger dauernden Pflanzentheilen zu einem fast gleichförmigen Gewebe zusammenschließen. Man hat daher an ihnen zu unterscheiden 1) den ursprünglichen Gefäßbündel, das dem innerhalb der Bildungsgewebe liegenden Theil des geschlossenen Gefäßbündels analog ist, 2) den zwischen diesem und dem Bildungsgewebe neu entstandenen und sich fortwährend vergrößernden Theil, das Holz, welches entweder nur aus langgestreckten, an beiden Enden zugespitzten und stark verdickten Zellen, den sog. Holzzellen, oder nur aus Gefäßen, in welchen beiden Fällen es homogenes Holz heißt und mit wenigen Ausnahmen für die Gymnospermen charakteristisch ist, oder aus Holzzellen und gleichzeitig aus Gefäßen, auch oft noch aus dem Füllgewebe besteht, in welchen Fällen es heterogenes Holz heißt und die Dikotyledonen charakterisirt, und 3) den außerhalb des Bildungsgewebes liegenden, fortwährend von diesem aus sich vergrößernden Theil, der aus stark verdickten, sehr lang gestreckten Zellen besteht und bei den Gymnospermen und Dikotyledonen nicht zum Holz, sondern zu der Rinde gerechnet wird.

§. 105. Das Füllgewebe oder Parenchim macht den ganzen übrigen Theil des Gewebes der Pflanzen aus, wenn gleich seine Zellen oft sehr verschiedenartig sind. Keines der Gewebe ist so verbreitet und von so großer Wichtigkeit für das Leben der Pflanzen und der Thiere, denn es enthält nicht nur die lebendigsten Zellen der Pflanze, sondern auch die wichtigsten und besonders diejenigen Stoffe, welche bei der Ernährung der Menschen und der Thiere von wesentlicher Bedeutung sind. Derjenige Theil des Parenchims, in welchem vorzugsweise die Bildung neuer Zellen vor sich geht, heißt das Bildungsgewebe; die Zellen desselben sind zartwandig und von einer an Protoplasma reichen Flüssigkeit erfüllt und die Intercellulargänge in diesem Zustand oft noch saftstrotzend. Es beschränkt sich bei den Kryptogamen von den Moosen aufwärts immer auf die Spitzen der fortwachsenden Stengel, Zweige und Wurzeln, was auch meist bei den Monokotyledonen der Fall ist; jedoch kommen bei einigen Palmen und Liliaceen Beispiele vor, wo eine Schicht von Bildungsgewebe im Umfang des Stammes eine Rinde abgrenzt, in welchen Fällen aber dieses Bildungsgewebe kein Holz, sondern Parenchim, in welchem fortwährend neue geschlossene Gefäßbündel entstehen, bildet. Bei den Gymnospermen und Dikotyledonen ist unter der Rinde stets eine Schicht Bildungsgewebe vorhanden, die fortwährend das Holz und das dazwischen liegende Parenchim von außen her, die Rinde mit dem Bast von innen her vergrößert; in einigen Fällen, wo eine größere Anzahl von Gefäßbündeln nicht anfänglich einen einfachen Kreis bilden, sondern durch die ganze Masse

zerstreut stehen, bleiben sogar wenigstens für längere Zeit kleine Streifen des Bildungsgewebes im Inneren des Stammes thätig.

Dritter Abschnitt.

Die Zelle in ihrer Thätigkeit.

§. 106. Nachdem in den vorigen §§. die Formveränderungen der Zelle betrachtet worden sind, müssen auch die an und in derselben vielfach hervortretenden Erscheinungen als Wirkungen chemisch-physikalischer Kräfte, die wir in ihrer Gesammtheit das Leben nennen, mit Ausnahme der Ernährung, welche in der Biologie ihren Platz findet, kurz erörtern. Diese Erscheinungen sind die Saftbewegung der einzelnen Zelle, die Bewegung der ganzen Zelle, die Fortpflanzung und der Tod der Zelle.

§. 107. Die Bewegung des Zellsaftes oder die Saftbewegung ist bis jetzt nur noch in wenigen Pflanzen der Gattungen Chara, Caulinia, Nitella, Vallisneria u. A. beobachtet worden. Sie giebt sich unter dem Mikroskop auf die Weise kund, daß eine dickere oder dünnere Schicht von Protoplasma an der einen Wand der Zelle auf-, an der anderen abwärts steigt und dabei größere Körnchen, oft selbst den Zellenkern mit sich fortreißt, während die wässerige Flüssigkeit in der Mitte verhältnißmäßig ruhend verharrt. In den Zellen der Staubfadenhaare und in den Zellen des Stengels von Tradescantia, in den meisten Haaren u. s. w. entdeckt man unter dem Mikroskop in dem Primordialschlauch dickere, netzförmig verbundene Streifen, in denen ebenfalls eine fortwährende Bewegung zu bemerken ist und bei längerer Beobachtung findet man, daß diese Strömchen ganz allmählig ihr Bett und ihre Strömung verändern, bis nach und nach der ganze Primordialschlauch daran Theil genommen hat. Es ist wahrscheinlich, daß wenigstens in einem gewissen Stadium eine ähnliche Bewegung einer jeden Zelle zukomme, jedoch ist bis jetzt noch nichts über die Ursache und Bedeutung dieser Bewegung für das Zellleben zu sagen. Nur so viel weiß man, daß diese Bewegung durch Wärme, Luft und Feuchtigkeit beschleunigt, durch Stoffe, welche verändernd auf den Primordialschlauch oder das Protoplasma wirken, gehemmt oder völlig aufgehoben wird, daß sie von der Zellenwand ganz unabhängig ist und daß sie so lange dauert, als der Zellenkern existirt.

§. 108. Die Selbstbewegung der Zellen oder die Zellenbewegung sind bis jetzt erst an einigen niederen Pflanzen, deren Fortpflanzungszellen zu einer gewissen Zeit mit kleinen Wimpern bedeckt sind oder die an einem Ende einzelne Wimpern zeigen, beobachtet und dadurch erklärt worden, daß diese Bewegung im Wasser durch eine verschiedenartig schwingende Bewegung der Wimpern stattfinde. Ueber die Ursache dieser Wimperbewegung, über die Bedeutung und den Nutzen der Bewegung selbst ist noch nichts bekannt. Kützing äußert sich in Beziehung auf die Bewegung der von Ehrenberg als Thiere betrachteten, in der Wirklich-

keit aber Algen bildenden und in ihren Zellen nur aus Kieselerde bestehenden Bacillarien dahin: „Die Kieselzellen der Bacillarien bewegen sich frei im Wasser, wenn sie sich aus ihrer Schleimhülle losmachen können. Die Richtung ist gewöhnlich geradlinig; nur äußere Gegenstände, welche im Wege liegen, ändern diese um. Ehrenberg giebt an, daß die Bewegung durch einen Fuß geschehe, den das vermeintliche Thier aus der Kieselschale herausstrecke. Dieser Fuß ist aber nichts Anderes als ein formloser Bassorinschleim, der die Kieselzelle ungleich umgiebt. Die Bewegung der Bacillarien ist viel langsamer als die der Schwärmzellen, dabei aber noch kräftig genug, daß kleine im Wege liegende Gegenstände mit fort- oder zur Seite geschoben werden."

§. 109. Die Fortpflanzung der Zelle, durch welche das Wachsen der Pflanzen bedingt ist, besteht wesentlich in einer Vermehrung der Zellen. Die Entstehung derselben ohne Mitwirkung schon vorhandener Zellen ist zweifelhaft, die Vermehrung der schon vorhandenen Zellen gewiß, und wahrscheinlich ist dieses der einzige Vermehrungsvorgang in den lebenden Pflanzen. Ausschließlich bilden sich dabei die neuen Zellen, Brut- oder Tochterzellen, innerhalb einer alten, der Mutterzelle, was auf doppelte Weise zu geschehen scheint, nemlich entweder findet eine Theilung des Primordialschlauches statt und eine spätere Scheidewand aus Zellstoff macht die Trennung vollkommen, oder in der Zelle entstehen frei neue Primordialschläuche, die sich zu Zellen organisiren, in welchen beiden Fällen aber auch der Zellenkern einen wesentlichen Antheil an der Zellenbildung zu nehmen scheint, indem im ersten Fall der Theilung des Primordialschlauches wenigstens meistentheils eine Theilung des Zellenkerns, im zweiten Fall der Bildung des Primordialschlauches die Bildung eines Zellenkerns vorangeht. Die bis jetzt gemachten Beobachtungen lassen es unentschieden, welcher der beiden Fälle der häufigere ist.

§. 110. Der Tod der Zelle erfolgt mit dem Erlöschen der Thätigkeit der chemisch-physikalischen Kräfte. Das Absterben der Pflanzenzelle giebt sich durch das Verschwinden des Inhaltes derselben und mit dem Vorhandensein von Luft, bedingt durch die eintretende oder bereits vollendete Verwesung von jenem; alle Zellen, die bloß Luft enthalten, müssen daher als todt betrachtet werden, und solche todte Zellen, wohin alle vollständig ausgebildeten Holzzellen und Gefäße gehören, werden auch späterhin durch den Einfluß der Atmosphärilien häufig zerstört; sie vertrocknen, zerfallen zu Staub oder verwesen. Todte Zellen können jedoch noch eine gewisse Bedeutung für das Leben der ganzen Pflanze haben, wie z. B. das Conglomerat der todten Holzzellen im Inneren der Stämme dem noch lebendigen äußeren Gewebe der Bäume als Stütze dient.

Dritter Haupttheil.

Vegetabilische Gestaltungslehre. Morphologie.

§. 111. Die Morphologie oder Gestaltungslehre der Pflanzen hat die Aufgabe, die äußeren Formen, die innere Struktur und die Entwicklungsgeschichte der zusammengesetzten Organe des pflanzlichen Organismus kennen zu lehren; sie ist also eine dreifache Aufgabe, nemlich die Schilderung der äußeren Gestaltung der zusammengesetzten Organe, die Erforschung der inneren Gestaltung derselben und die Darstellung des Entwicklunggangeś, welchen die zusammengesetzten Organe von ihrem ersten Anfang an bis zu ihrer vollkommenen Ausbildung zu durchlaufen haben, oder die Nachweisung, auf welche Weise die Elementarorgane zur Bildung der zusammengesetzten Organe sich vereinigen, d. h. wie sich aus den ersteren die letzteren entwickeln. Man kann hierbei Alles, was sich auf die Pflanzen und ihre Theile im Allgemeinen bezieht und die Hülfsmittel zur Beschreibung darbietet (indem gewisse allgemein vorkommende Formenverhältnisse bestimmte Bezeichnungsweisen erhalten haben) als den allgemeinen Theil, der auch als Horismologie oder botanische Kunstsprache (vergl. §. 39 — 63) bereits erörtert worden ist, absondern, während die Betrachtung der Pflanze und ihrer Organe im Einzelnen nach den verschiedenen Entwicklungsperioden in der Pflanzenwelt den besonderen Theil bildet.

§. 112. Die Pflanzen entwickeln sich in sehr verschiedener Weise und bringen Organe hervor, die eine sehr verschiedene Gestalt und histiologische Bedeutung haben, je nachdem sie vollkommener und unvollkommener organisirt d. h. je nachdem der von der Natur dem vegetabilischen Organismus bestimmte Bildungstrieb höhere oder niedere Bildungen, eine größere oder geringere Entwicklung der Elementarorgane und der aus ihnen zusammengesetzten Gewebe zuläßt. Nach diesen höchst verschiedenen Graden der Entwicklung der Pflanzenorganisation, die sich meist schon in der äußeren Gestaltung kund geben, und nach der Gleichmäßigkeit derselben in gewissen Pflanzen hat man die gesammte Pflanzenwelt in mehr oder weniger natürliche Gruppen eingetheilt. In jeder dieser Gruppen zeigt der pflanzliche Organismus zusammengesetzte Organe von eigenthümlicher innerer und äußerer Gestaltung und Entwicklung, so daß die einzelnen Individuen zweier Pflanzengruppen zwar analoge, aber keine identischen Organe haben. Hieraus geht hervor, daß die Morphologie in so viel Abschnitte zerfallen muß, als die Pflanzenwelt Hauptgruppen hat, und ihre Hauptaufgabe ist, zu untersuchen, wie in den einzelnen Abtheilungen des Pflanzenreiches die zusammengesetzten Organe sich entwickeln und gestaltet sind, ihr Gang aber der, mit den einfachsten und unvollkommensten Gewächsen zu beginnen und mit den zusammengesetztesten und vollkommensten zu endigen, wodurch besonders für den Lernenden die Verschiedenartigkeit und die stufenweise Vervollkommnung der Organisation des Pflanzenkörpers anschaulich und belehrend gemacht wird.

§. 113. Bevor die Morphologie der einzelnen Pflanzenabtheilungen in Betracht gezogen wird, ist es nothwendig, einen Ueberblick der letzteren selbst zu geben, bei welchem der von Schleiden gegebenen Begründung derselben gefolgt wird. Jede Pflanze entsteht aus einer Zelle. Der erste Unterschied der Pflanzen ist der, ob diese Fortpflanzungszellen oder Sporen gleich nach ihrer Bildung durch Auflösung der Mutterzelle isolirt werden oder noch längere Zeit in den Mutterzellen eingeschlossen bleiben; da nun im ersten Fall die Fortpflanzungszellen frei, im letzteren von der Mutterzelle umgeben sind, so werden die Pflanzen in zwei Hauptgruppen eingetheilt, nemlich in Nacktsporige oder Gymnosporen und in Verhülltsporige oder Angiosporen. Der zweite Unterschied bezieht sich auf die Entwicklung der Spore zur Pflanze, welche nemlich entweder ohne weiteres Hinzutreten des mütterlichen Organismus vor sich geht, oder nur eintritt, wenn die Fortpflanzungszelle durch die Berührung und den materiellen Einfluß gewisser Theile des mütterlichen Organismus zur Entwicklung befähigt wird. Dieser Unterschied betrifft nur die Gymnosporen und scheidet sie in geschlechtslose Pflanzen oder Agamen und in Geschlechts- oder gamische Pflanzen, von denen die ersteren mit den Angiosporen zusammen die Linné'schen Kryptogamen ausmachen. Die Geschlechtspflanzen heißen deßhalb so, weil zwei verschiedene Theile der Pflanze, die sog. Geschlechtstheile, bei der Entwicklung einer neuen Pflanze zusammen wirken müssen; sie selbst zerfallen wieder in zwei Abtheilungen. Trennen sich beide Geschlechtstheile von der Pflanze und treten dann erst zusammen, so sind es Pflanzen ohne bestimmten Vereinigungsort der Geschlechter und diese heißen athalamische Pflanzen; vereinigen sich die Geschlechtstheile so, daß der eine noch längere Zeit nach der Vereinigung in bestimmter Verbindung mit der Mutterpflanze bleibt, so sind es Pflanzen mit bestimmtem Vereinigungsort der Geschlechter und heißen dann thalamische Pflanzen. Nach den später zu erörternden Gründen über die Unterabtheilungen stellt sich folgende Uebersicht der sämmtlichen Entwicklungsstufen auf (die Anordnung nach den einzelnen Gruppen und Familien ist unter dem Abschnitt Systematik aufgeführt):

Angiosporen:	1. Algen.
	2. Pilze.
	3. Flechten.
	Anhang: Charen.
Gymnosporen:	4. Lebermoose.
A. Geschlechtslose Pflanzen:	5. Laubmoose.
	6. Bärlapppflanzen.
	7. Farrnkräuter.
	8. Schafthalme.
B. Geschlechtspflanzen:	9. Wasserfarne.
a. **Athalamische Pflanzen:**	10. Gymnospermen.
b. **Thalamische Pflanzen:**	11. Angiospermen.

Erster Abschnitt.

Angiosporen.

§. 114. Die Angiosporen sind von äußerst unbestimmter Gestalt; sie wachsen nur nach einer Weise in ihrem Umfang und jeder Theil desselben repräsentirt vollständig das ganze Bildungsgesetz, kann daher für sich die Entwicklung fortsetzen. Sie besitzen nur die durch ihre Funktion und den eigenthümlichen Entwicklungsproceß der Fortpflanzungszellen charakterisirten Fortpflanzungsorgane. Die Sporen bleiben bis zur Zeit ihrer natürlichen Aussaat in der Mutterzelle, Sporenhülle, in welcher sie entstanden sind, eingeschlossen. Gewöhnlich sind mehrere Sporenhüllen unter bestimmten Formen vereinigt, auch wohl noch von einem anderen eigenthümlichen Zellgewebe bekleidet und heißen dann Sporenfrüchte. Diese Pflanzengruppe zerfällt 1) in Algen mit 1 bis 4 Sporen in unveränderter Sporenhülle und nur in Wasser sich vollständig entwickelnd, 2) in Flechten mit 8 bis 12 Sporen in unveränderter Sporenhülle und nur an der Luft, aber auf den verschiedenartigsten Unterlagen gedeihend, und 3) Pilze mit Sporen in unbestimmter Anzahl, aber je eine in einer seitlichen Ausdehnung der Sporenhülle und sich mit dieser von jener abschnürend; nur vollständig an der Luft und auf einer Unterlage organischen Ursprungs gedeihend.

§. 115. Die Algen, Algae, haben einen wenig entwickelten, der Pflanzengallerte oder dem Bassorin nahe stehenden Zellstoff; sie sind stets mit einer Schichte flüssiger Gallerte überzogen, die oder eine ähnliche Substanz zugleich häufig und in Menge als Intercellularsubstanz vorkommt. Die einfachsten Algen bestehen nur aus einer runden, fadenförmigen oder auch verästelten Zelle, welche zugleich die Sporenhülle ist, oder aus reihenweise vereinigten kugelförmigen oder cylindrischen oder aus flächenförmig aneinander gelegten Zellen, von denen einzelne bestimmte die Sporen bilden, oder aus allseitig entwickelten Zellen mit zweierlei Sporen auf verschiedenen Individuen; im letzteren Fall sind die einen Sporen einzeln, die anderen zu vier in einer stets in der Substanz der Pflanze zerstreuten Sporenhülle gebildet. Die Sporenhüllen finden sich bald einzeln, bald zu warzenartigen oder knopfförmigen Sporenfrüchten vereinigt, welche zuweilen wiederum in größerer Menge auf besonderen Lappen der Pflanzen zu sog. Fruchtlagern vereinigt sind. Die zusammengesetzteren Formen der Pflanzen selbst sind fadenförmig, flächenförmig oder faden- und flächenförmig nach Analogie von Stengeln und Blättern zusammengesetzt und gewöhnlich an dem einen Ende in eine kleine, wohl auch verästelte, als Haftorgan dienende Scheibe, die höchst entwickelten an bestimmten Stellen zu blasenartigen, die oberen Theile der Pflanze in Wasser schwimmend erhaltenden Auftreibungen oder gestielten Blasen ausgedehnt.

§. 116. Die Pilze, Fungi, haben meist ein äußerst weiches und fettartig anzufühlendes, sich schnell entwickelndes, aber gewöhnlich auch schnell in Zersetzung übergehendes Zellgewebe, so daß die Pflanze oft schon

nach wenigen Stunden ihrer Entwicklung wieder, wie z. B. bei dem Dintenpilz, zu einer schwarzbraunen, faserähnlichen Flüssigkeit zerfließt, selbst bei manchen höher entwickelten Pflanzen nur die Sporenfrüchte angetroffen werden, andere aber auch, wie z. B. der Feuerschwamm, ein fast holzartiges Gewebe besitzen. Die eigentliche Pflanze ist sehr einfach und besteht wohl immer nur aus einem flockigen Geflecht zarter, fadenförmiger, leicht vergänglicher Zellen. Die einfacheren leben zum Theil parasitisch auf den krautartigen Theilen anderer höher entwickelter Pflanzen (man hat aber auch wegen der Aehnlichkeit ihrer Sporen mit den Produkten mancher Pflanzenkrankheiten, z. B. den Brand und den Rost, diese fälschlich zu den Pilzen gerechnet). In Wasser keimende Pilzsporen entwickeln sich nie vollständig, und derartige unvollkommene Bildungsstufen sind zuweilen aber mit Unrecht als Leptomiteen zu den Algen gerechnet worden, während hingegen die Kern- und Becherpilze, welche durchaus die Sporenbildung der Flechten haben und auch zu diesen gezählt werden müssen, so wie auch die in gährenden Flüssigkeiten sich in großer Menge entwickelnden und dann nach Analogie des einfachen Pilzes sich fortpflanzenden kleinen Zellen, die sog. Hefen- oder Gährungszellen, nicht wohl den Pilzen zugerechnet werden dürfen. Bei sämmtlichen Pilzen scheint der Vorgang der Sporenbildung zweierlei Art zu sein, indem nemlich entweder die Sporen aus der Sporenhülle nach allen Seiten zerstreut hervortreten, oder die fadenförmige Sporenhülle an dem einen Ende kugelig anschwillt und aus dieser Anschwellung die Sporen hervortreten. Die Bildung der Fadenpilze oder Schimmelarten ist die einfachste, indem hier die ganze Pflanze zugleich Sporenhülle ist und beide Formen der Sporenentwicklung stattfinden. Die zusammengesetzteren Bauchpilze bilden aus verfilzten fadenförmigen Zellen rundliche Sporenfrüchte, in deren Innerem die Sporen aus den fadenförmigen Sporenhüllen nach der ersten Art entwickelt werden. Die Hutpilze stellen die höchst entwickelte Form dar; die aus den verfilzten Fadenzellen gebildete Sporenfrucht stellt einen theilweisen oder ganzen, oft gestielten Hut oder Schirm dar, an dessen unterer Fläche strahlige oder netzförmig mit einander verbundene Platten oder zusammengewachsene Röhren, sog. Lamellen, hervortreten, auf deren Oberfläche die angeschwollenen Enden der Sporenhüllen in einer einfachen Schichte, dem Fruchtlager erscheinen; jede bildet 2 bis 6 Sporen gewöhnlich in sehr lang gestielten Ausstülpungen. Die Entwicklung des Hutes findet, so weit jetzt bekannt, auf die Weise statt, daß an bestimmten Stellen der Pflanze ein kleines hohles Knöpfchen, die Hülle, entsteht, aus deren Grund eine kleine, kurz gestielte Kugel wächst, aus deren unterem Theile eine horizontal ringförmige Höhlung entsteht; an der Decke derselben entwickeln sich die erwähnten Anhängsel, deren nur aus einer dünnen Haut, dem sog. Schleierchen, bestehender Boden später vom Stiel losreißt oder auch zugleich vom oberen Theil sich losreißend als ein hautartiger Ring am Stiel zurückbleibt, während die bei dieser Entwicklung durchbrochen werdende Hülle meist schnell zerstört wird.

§. 117. Die Flechten, Lichenes, haben mit wenigen Ausnahmen ein sehr hygroskopisches d. h. für die Feuchtigkeit der Luft sehr empfängliches und bei trockener Witterung dieselbe wieder abgebendes Zellgewebe,

können in dürrem Zustande lange verharren, ohne abzusterben und enthalten in den äußeren Schichten gewöhnlich reichliche Intercellularsubstanz, die mit Ausnahme der von den Pilzen hierher gezogenen Pflanzen zuweilen und die Sporenhüllen immer durch Jodlösung blau gefärbt werden. Die meisten verschwinden sehr schnell, so daß man meist nur noch die Sporenfrüchte vorfindet. Die einfachsten sind die Krustenflechten und die Blattflechten; die ersteren bilden einen krustenartigen Ueberzug auf der Unterlage, auf welcher sie wachsen, die letzteren entwickeln sich freier zu lederartig häutigen Ausbreitungen, die noch an ihrer Unterlage angedrückt und bei ungestörter Entwicklung von kreisförmigem Umriß und am Rande mannichfach zerschlitzt sind. Die Strauchflechten sind die höchst entwickelten Flechten; sie bilden schmale, jedoch strauchartig verästete und sogar zuweilen mit blattähnlichen Läppchen besetzte, auf beiden Flächen gleichartige Bänder. Bei den Flechten finden sich gar keine vereinzelte Sporenhüllen vor, welche bei länglicher Beschaffenheit stets mit haarfeinen Zellen oder sog. Saftfäden mosaikartig zu einer kleinen, runden, länglichen oder etwas verästelten Platte aneinander gelegt sind. Diese Platte, welche sich stets in der Pflanzensubstanz bildet, bleibt bei einigen Flechten eingeschlossen, tritt aber auch bei anderen unter allmähliger Zerstörung der sie deckenden Schichte frei hervor und wird selbst oft durch eine becherförmige Ausdehnung der Pflanzensubstanz in die Höhe gehoben; erstere werden Kernflechten, letztere Schüsselflechten genannt.

Schleiden reiht den Angiospermen die kleine, schwer unterzuordnende Gruppe der Charen an, die sich durch die lebhafte Circulation des Protoplasmas in sämmtlichen Zellen auszeichnen. Die Pflanzen bestehen aus langen cylindrischen, fadenförmig aneinander gereihten Zellen, die zuweilen noch mit einer einfachen Lage cylindrischer Zellen umkleidet sind. Am Berührungspunkt zweier Hauptzellen bilden sich quirlständige Aeste, welche zuweilen noch mit kleinen astförmigen Zellen besetzt sind. An den Hauptästen bilden sich zwei verschiedene Organe, nemlich die Spore, eine große, mit Stärkmehl erfüllte Zelle, um welche fünf cylindrische Zellen spiralförmig aufgedrückt sind, und eine aus acht dreieckigen platten Zellen gebildete, kleine, rothe Kugel, deren Inneres mit gewundenen cylindrischen Zellenreihen erfüllt ist; jede dieser Zellen besitzt einen kleinen, in Wasser sich lebhaft bewegenden Spiralfaden. Die Bedeutung dieser Organe, welche Antheridien genannt werden, ist noch völlig unbekannt.

Zweiter Abschnitt.

Gymnosporen.

§. 118. Die Gymnosporen charakterisiren sich auf folgende Weise: Sie sind geschlechtslose oder geschlechtliche Sporenpflanzen, welche nur aus

Fortpflanzungszellen entstehen, verschiedene Entwicklungsstadien durchlaufen müssen, bevor sie ihre vollkommene Ausbildung erreichen, aus mehreren Arten von Zellgewebe oder wenigstens aus zweien bestehen und deutlich gesonderte Vegetations- und Reproduktionsorgane, in den meisten Fällen auch einen in Axen und Blätter differenzirten Körper besitzen. Ihre Sporen entwickeln sich durch freie Zellenbildung zu vieren in Mutterzellen, werden bald durch Resorption der Mutterzellen frei und liegen dann in Sporenfrüchte eingeschlossen. Bei der Keimung entsteht zuerst aus ihnen eine Zellengewebsmasse, der **Vorkeim**, aus welchem erst später der eigentliche Organismus hervorwächst. Sie zerfallen, wie oben angegeben, in geschlechtslose und in Geschlechtspflanzen, je nachdem die Entwicklung der Spore ohne Mitwirkung oder unter dem Einfluß des mütterlichen Organismus stattfindet, und diese wieder in verschiedene, unten ihrem Wesen nach zu erörternden Unterabtheilungen.

A. Geschlechtslose Pflanzen. Agamen.

§. 119. Nur bei wenigen Pflanzen aus den untersten Gruppen dieser Abtheilung, bei den Lebermoosen, geht noch die ganze Spore bei der Entwicklung in die Pflanze mit über, während bei allen übrigen die Sporenzelle zu einem längeren oder kürzeren Schlauch ausgedehnt wird und nur in demjenigen Ende, welches aus der äußeren Sporenhaut der Sporenzelle hervorgetreten war, entwickelt sich die neue Pflanze, während das andere Ende abstirbt. Es entstehen hierbei, mit Ausnahme der Lebermoose, fadenförmige Zellenreihen oder kleine gelappte Austreibungen, der Vorkeim, und an bestimmter Stelle dieses Vorkeims bildet sich eine rundliche, dichte Zellenmasse, die Anlage zum Hauptkörper der künftigen Pflanze. Nach der Art der weiteren Entwicklung derselben zerfallen sie wieder in zwei Abtheilungen, indem nemlich der Pflanzenkörper nur nach einer oder nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin entwicklungsfähig ist; im ersten Fall bildet sich nur ein Stengel und es entstehen **wurzellose Agamen**, im zweiten Fall aber Stengel und Wurzel, und es entstehen **bewurzelte Agamen**. Bei den ersteren ist die Sporenfrucht eine unmittelbare Fortsetzung des Stengels, während bei den letzteren diese in eine entschiedene Beziehung zum Blatt tritt, indem sie aus dem Blatt hervorwächst oder das ganze Blatt selbst in die Sporenfrucht verwandelt wird; derartige Blätter werden zum Unterschied von den übrigen die Sporenblätter genannt. Die Lycopodiaceen bilden den Uebergang zwischen den unbewurzelten und den bewurzelten Agamen, indem sie das Sporenblatt mit einer zweiten Form der Sporenfrucht, welche als unmittelbare Fortsetzung des Stengels erscheint, verbinden.

a. Unbewurzelte Agamen.

§. 120. Die **Lebermoose**, Hepaticae, Musci hepatici, entwickeln an der Oberfläche der der Erde näheren Zellen lange Haare, durch welche sie sich an die Unterlage anheften, und bilden fadenförmige und dann stets mit grünen Blättern besetzte oder bandartige, selbst flächenförmig ausgebreitete und dann nur mit verkümmerten Blättern besetzte oder blätterlose

Stengel. Bei den niedrigsten Formen besteht die ganze Pflanze aus einer kleinen, grünen, nur am Umfang fortwachsenden und den Blattflechten sehr ähnlichen Ausbreitung; bei den übrigen sind die Stengel oft nach dem Boden angedrückt oder sie erheben sich frei. Bei den rundlichen Stengeln zeigt sich in der Mitte ein einfaches Gefäßbündel ohne Gefäße und eine zarte zellige Rinde, bei den flachen ein meist mannichfaltiger Zellenbau und oft eine vollkommen ausgebildete Oberhaut mit etwas eigenthümlich gebauten Spaltöffnungen. Bei den meisten Pflanzen sind die aus einer einfachen Zellenlage bestehenden Blätter so gewendet, daß sie in einer Ebene liegen; sie sind ganz oder in zwei ungleiche Lappen getheilt, von denen der kleinere und eingefallene das Oehrchen heißt. Der Stengel hat meist zwei Blattformen, größere, obere, zweizeilig gewendete und deßhalb anscheinend in einer Fläche liegende und kleinere an der unteren Seite, welche Nebenblätter genannt werden, und erhält oft durch Bildung von Knospen in den Blattwinkeln ein gefiedert verästeltes Ansehen. Bei vielen Lebermoosen erheben sich einzelne Zellen über die Oberfläche und bilden sich zu einem kleinen zelligen Körper, dem Brutkörnchen, um, das später abfällt und zu einer neuen Pflanze erwächst und oft von einer eigenthümlichen, halbmond-, becher- oder flaschenförmigen Erhebung der äußeren Zellenschichte umgeben wird. Die Fortpflanzungsorgane zeigen verschiedene Formen und einen bald einfacheren bald verwickelteren Bau. Die der Sporenbildung dienende Organe bilden eine Blüthe, welche von einer Anzahl der Form nach verschiedener, theils freier, theils am Grunde verwachsener Blätter, deren innerste, oft zu einer Becherform verwachsener Kreis vorzugsweise als Blüthenhülle bezeichnet wird, umgeben wird; zwischen der Blüthenhülle und dem Fruchtanfang entsteht häufig noch ein ungetheiltes becherförmiges Organ, der Kelch, der in Folge einer ungleichen seitlichen Entwicklung sich zuweilen so herabsenkt, daß die Frucht auf dem Boden eines am Stengel hängenden Kelchs befestigt erscheint. Die Blüthen stehen meist einzeln, sind aber bei vielen flachstengeligen Lebermoosen zu einer bestimmten und einen Blüthenstand bildenden Form vereinigt; der Blüthenstand besteht aus den die Blüthen tragenden Stengeln, Spindel, deren Ende bald einfach, bald knopfförmig, bald schirmförmig und dann gelappt ist; die Blüthen bilden an den Stengeln ein Köpfchen. Nach einer anderen Form umschließen die Blüthen die mit kolbigen Zellenreihen oder sog. Saftfäden gemischten Fruchtanfänge, welche flaschenförmig sind und im unteren Theil aus einer Hülle und einem Kern bestehen. Fast bei allen wird bei der Entwicklung des Kerns zur Sporenfrucht die Hülle nach oben zerrissen; der untere Theil des Kerns verlängert sich dann stielförmig zum Träger, der obere Theil aber zur eigentlichen meist kugeligen, seltner schotenförmigen Sporenfrucht. Die in der inneren Schichte meist aus Faserzellen bestehende Wand der Sporenfrucht springt bei der Reife in Zähnen und Klappen auf und zeigt einen Theil des Zellgewebes als sogen. Mittelsäulchen, während das zwischen diesem und der Wand liegende Zellgewebe zwei Formen zeigt, nemlich ein Theil bildet als Mutterzellen je 4 Sporen und wird dann aufgelöst, ein anderer Theil entwickelt sich zu langen spindelförmigen Zellen, welche ein oder zwei braune, bald freie, bald am Mittelsäulchen oder an den Klappen befestigte Spiralbänder, die sog. Schleuderer

enthalten. Die Lebermoose besitzen auch noch besondere Organe, die sog. Scheinantheren oder Antheridien, welche aus einem mehr oder minder lang gestielten kugeligen oder eiförmigen, aus einer einfachen Zellenlage gebildeten und von einer großen Zelle umschlossenen Säckchen bestehen; die große Zelle füllt sich später mit ganz zarten Zellen an, in denen wiederum ein Spiralfaden entsteht, der sich in Wasser rasch um seine Axe dreht und deßhalb, wenn die Zelle zerrissen ist, im Wasser eine fortschreitende Bewegung zeigt, bis er sich abgerollt hat. Mitunter treten die Scheinantheren mit mehreren Blättern am Ende des Stengels dichter zusammen und bilden dann ein sog. Kätzchen; sie sind bei den flachstengeligen Lebermoosen in ein meist flaschenförmiges Grübchen der Substanz eingesenkt und dann unregelmäßig zerstreut oder auf bestimmten scheibenförmig erhobenen Theilen vereinigt oder auf langgestielten und am Rand gelappten Schirmen versammelt.

§. 121. Die Laubmoose, Musci Frondosi, haben haarförmige Ausdehnungen der oberflächlichen Zellen, mit denen sie sich auf der Unterlage befestigen und bestehen aus fadenförmig aneinander gereihten cylindrischen Zellen; an irgend einer Stelle wächst ein kurzgestieltes Zellgewebsköpfchen hervor, welche sich zu stets fadenförmigen und zu theils einzelligen, theils mehrzelligen, im Ganzen sehr einfachen, länglichen oder lanzettlichen und mitunter zweizeilig gewendeten Blättern (die der Torfmoose und einiger nahe verwandten Pflanzen haben zweierlei Zellen, nemlich schmale und Chlorophyll enthaltende, und größere einen wasserhellen Saft führende Zellen; die der Torfmoose haben auffallend große Poren und Ringfasern oder Spiralfasern) ausbilden. Aus den Stengeln oder Blättern treten zellige Körperchen hervor, die als Brutkörnchen abfallen und sich zu neuen Pflanzen entwickeln. Die Fruchtanfänge und Saftfäden werden von wenig veränderten, nur etwas dichter gedrängten Blättern als Blüthen umschlossen; erstere gleichen bis auf ihre spätere verschiedene Entwicklung denen der Lebermoose. Bei den Torfmoosen reißt die Hülle ebenfalls oben, bei allen übrigen am Grunde ab und bleibt als sog. Mützchen auf der sich entwickelnden Frucht hängen; der Kern bildet am unteren Theil einen längeren oder kürzeren Stiel, am oberen Theil die Frucht, die sog. Büchse, die bei dem Algenmoos mit vier seitlichen Spalten aufspringt. Bei allen übrigen Laubmoosen trennt sich am oberen Theil der Kern als Deckel und oft noch zwischen Deckel und Büchse ein besonderer Zellenkreis als Ring; unter dem Deckel ist die Büchsenmündung entweder einfach offen oder durch mannichfache Fortsätze, den sogen. Mündungsbesatz, geschlossen; dieser besteht aus einem einfachen zelligen Häutchen oder aus einem solchen mit kleinen Zähnen oder aus einer einfachen Reihe oder aus einem doppelten Kreis von Zähnen, in welchem letzteren Fall nur die des äußeren Kreises Zähne, die des inneren aber Wimpern heißen, die zwischen den Wimpern abwechselnd sich findenden breiteren Lappen Fortsätze. Das Mittelsäulchen ist bei einigen vierflügelig und theilt die Büchse in vier Fächer; der Grund der Büchse ist in einen Hals ausgezogen oder zeigt eine eigenthümliche Anschwellung, den sog. Ansatz. Die Laubmoose haben wie die Lebermoose Scheinantheren, aber niemals Schleuderer.

b. Bewurzelte Agamen.

§. 122. Bei den Pflanzen dieser Abtheilung findet sich zuerst die gesetzmäßige Bildung der Wurzel bei der ersten Entwicklung der Pflanze als unmittelbare Fortsetzung des Hauptkörpers in einer dem Stengel entgegengesetzten Richtung. Die Wurzel unterscheidet sich von dem Stengel bestimmt dadurch, daß sie stets und in allen Verhältnissen vom Licht abwärts wächst und daß sie niemals Blätter, deßhalb aber auch niemals normale, in den Blattwinkeln stehende Knospen hervorbringt. Bei den meisten Pflanzen treten noch sog. Nebenwurzeln auf, welche in den Merkmalen und gewöhnlich auch in der Wachsthumsrichtung mit der Wurzel gleich sind, sich aber von derselben durch den Ursprung unterscheiden, indem sie in der Substanz der Pflanze, auf den Gefäßbündeln, als kleine kegelförmige Zellgewebswärzchen theils an der Hauptwurzel, daselbst Verästelungen veranlassen, theils im ganzen Verlauf des Stengels und besonders häufig unter der Ursprungsstelle der Blätter entstehen und bald, an der Spitze fortwachsend, das sie bedeckende Zellgewebe durchbrechen und so aus dem Inneren der Pflanze hervortreten.

§. 123. Die Blätter der hier untergeordneten Gruppen sind weit mehr entwickelt, als die der Pflanzen der früher besprochenen Gruppen, und insbesondere mannichfaltig gelappt und zertheilt. Sie entstehen an der Spitze der Stengel, stets unmittelbar einander folgend, in einer Spirale oder in abwechselnden Quirlen; sie heißen grundständige Blätter, wenn sie an der Grenze zwischen Wurzel und Stengel zusammengedrängt sind, oder stengelständige Blätter, wenn sie in der ganzen Länge des Stengels oder Stammes vertheilt sind. Derjenige Theil des Stengels, selbst ein sehr kurzer Theil, der zwischen einem Blatt oder einem Quirl und dem nächsten liegt, heißt ein Stengelglied, der Theil, wo die Blätter befestigt sind, der Knoten. Diese Glieder bedingen bei ihrer späteren Ausbildung hauptsächlich den Bau der Stengelorgane, indem sie sich entweder gar nicht oder doch nur in die Breite entwickeln, in welchem Fall die Blätter die ursprüngliche gedrängte Stellung beibehalten, oder sich in die Länge dehnen, wodurch die Blätter und Blattquirle mehr oder weniger weit von einander zu stehen kommen. Je nachdem nun der Stengel (und in selteneren Fällen auch die Blätter) eine oder mehrere Vegetationsperioden durchmachen, unterscheidet man einjährige Stengel oder den Stengel im engeren Sinn, und mehrjährige Stengel oder Stämme.

§. 124. Die theils zwischen Stengel und Blatt, theils im Zusammenhang des Blattes selbst, theils zwischen den einzelnen Stengelgliedern häufig leicht absterbenden und zu einer gewissen Zeit mit ganz ebenen Ablösungsflächen sich von einander trennenden dünnen Schichten zarten Zellgewebes heißen die Gliederung, die Blätter aber, die dadurch in einzelne Theile zerfallen, zusammengesetzte Blätter und nach der Form der Zusammensetzung kurz gefiederte, gefingerte Blätter im Gegensatz zu ungetheilten oder ganzen, zu ganzrandigen, fiederschnittigen, handtheiligen Blättern. Die Gefäßbündel des Blattes bei den Pflanzen der folgenden Gruppen haben eine größere Bedeutung und bestimmtere Ausdrücke; die vom Grund ausgehenden durch das ganze Blatt bis zur Spitze sich hindurchziehenden Gefäßbündel heißen Nerven und derartig charak-

terisirte Blätter nervige Blätter, der einzelne Nerv aber, der als Fortsetzung des Gefäßbündels im Blattstiel erscheint, der Mittelnerv, die seitlichen Abzweigungen desselben die Adern. Von der Nervenvertheilung im Blatt ist gewöhnlich die Zertheilung der Blattscheibe abhängig oder sie hängt innig damit zusammen.

§. 125. Die Bärlapp-Pflanzen oder Lycopodiaceen haben zwei Formen, so weit es die Gestalt und Anordnung der aus mehreren von einem einfachen Gefäßbündel durchzogenen Zellgewebslagen bestehenden, auf der Oberhaut überall vollständigen und mit vollständig entwickelten normalen Spaltöffnungen versehenen Blätter betrifft. Selten ist der Stengel flach, wie geflügelt, und dann mit entfernter stehenden Blättern besetzt; er enthält ein meist von einem dickwandigen braungefärbten Zellgewebe begrenztes centrales simultanes Gefäßbündel, dessen Gefäße in sehr unregelmäßigen Strängen und Bändern zerstreut erscheinen. Die am Grund, selten an einem Einschnitt der Blätter sich erhebende Sporenfrucht bildet sich zu einer einfachen runden oder nierenförmigen, mit einer Spalte aufspringenden und ganz mit Sporen erfüllten Kapsel um; nur zuweilen drängen sich die Sporenblätter am Ende des vorher nackten Stengels zu kleinen Kölbchen zusammen und manche Lycopodiaceen haben neben den gewöhnlichen noch abgerundete tetraëdrische, je vier große Sporen enthaltende Sporenfrüchte. Bei der Keimung der größeren Sporen bildet sich jedenfalls eine ächte Wurzel, und bei der entwickelten Pflanze brechen fast immer aus der ganzen Länge des meist am Boden liegend sich entwickelten Stengels Nebenwurzeln hervor. Die Gattung Isoëtes zeichnet sich nicht allein durch den kleinen knollenförmigen, mit schmalen, gradähnlichen, nach unten sich scheidenförmig umfassenden Blättern besetzten Stengel, sondern auch durch die am Grund des Blattes etwas eingesenkten, von einer herzförmigen Schuppe bedeckten Sporenfrüchte, welche kleine zellige viele kleine und andere nur vier größere Sporen umfassende Säckchen enthalten.

§. 126. Die Farrnkräuter, Filices, haben einen von simultanen, in einen einfachen Kreis gestellten und deßhalb das äußere Zellgewebe als Rinde von dem inneren als Mark scheidenden, meist von einer Scheide sehr dickwandiger braungefärbter Zellen umgebenen und von innen nach außen etwas flach gedrückten, in ihrem senkrechten Lauf verbundenen und abwechselnd seitlich untereinander sich trennenden und so ein langmaschiges Netz bildenden Gefäßbündeln durchzogenen Stamm, welcher meist perennirend und einfach und nur selten verästelt ist und zweierlei Formen zeigt, nemlich entweder entwickelte oder unentwickelte Stengelglieder; bei ersterer Form kriecht er meist unter dem Boden, oder auf demselben, oder auf Felsen oder auf anderen Pflanzen fort, während er bei der anderen Form gewöhnlich sehr kurz bleibt, da er vom Wurzelende her so schnell abstirbt wie er am Stamm- oder Stengelende wächst und nur in den Tropen das Wachsthum überwiegend ist und sich so 20—30 Fuß hohe Stämme ausbilden können. Die Blätter sind in den Knospen im Ganzen wie in den einzelnen Theilen von der Spitze bis zum Grund schneckenförmig eingerollt und nach der Entwicklung meist gestielt, selten ungetheilt, sondern meist vielfach und zierlich finger- oder fliederförmig zerschlitzt und sterben allmählig am Stamm von oben nach unten ab, ohne durch eine ächte Glie-

derung abgeworfen zu werden, sie bestehen mit Ausnahme der aus einer einfachen Zellenschicht bestehenden Blätter der Hymmophylleen aus mehreren Lagen Zellgewebe, das beiderseits mit vollkommen entwickelter Oberhaut bedeckt ist. Die Blattstiele wie der Stamm sind oberflächlich meist mit einer eigenthümlichen Form von Haaren bekleidet, welche die Gestalt dünner hautartiger, brauner Läppchen haben und Spreuschuppen heißen. Die Sporenfrüchte entstehen entweder auf dem Rücken bestimmter sonst aber wenig abweichender Sporenblätter oder durch Umwandlung des ganzen Zellgewebes zur Seite der Hauptnerven eines Blattes und stellen runde, längliche oder linsenförmige, häufig gestielte Kapseln dar, die sich gewöhnlich in ihrem Umfang durch einen mehr oder weniger vollständigen Kreis von stark verdickten braunen Zellen, den sog. Ring auszeichnen, durch dessen ungleiches Zusammenziehen das Aufspringen bei der Reife der Kapsel veranlaßt wird. Die Kapseln sind auf dem Rücken der Sporenblätter meist am Rand oder in der Mitte in Streifen oder Häufchen, sog. Fruchthäufchen, die gewöhnlich von einer oder von zwei Seiten her durch zarte hautartige Falten der Oberhaut, durch das sog. Schleierchen bedeckt sind, auf kleinen Erhebungen vereinigt. Scheinantheren finden sich zwar auch bei den Farrnkräutern, aber ausschließlich am Rande und an der oberen Fläche des Vorkeims, auf dessen Unterfläche in der Nähe des Einschnittes sich einige kleine mit Protoplasma erfüllte Höhlen, über deren jeder sich eine aus wenigen Zellen bestehende kegelförmige Warze erhebt, vorfinden. Die Höhlen sind nach der gewöhnlichen Annahme die Keimorgane, da in denselben sich das Zellgewebeknötchen entwickelt, aus dem das Farrnkraut nach oben zu Stengel und Blättern, nach unten zu einer ächten Wurzel herauswächst. Nach neueren Beobachtungen soll ein Spiralfaden der Scheinantheren in ein solches Keimorgan hereinschlüpfen und hier anschwellend die erste Zelle bilden, aus der sich das Zellgewebsknötchen entwickelt.

§. 127. Die Schafthalme oder Equisetaceen, eine kleine, gegenwärtig nur aus der Gattung Equisetum bestehende Gruppe haben Stengel oder Stämme, welche durch succedane und wahrscheinlich geschlossene, zu 6 bis 10 in einem Kreis stehende Gefäßbündel in Mark und Rinde geschieden werden und zwischen dem Gefäßbündel und dem Mark Luftlücken haben; in den Zellenwandungen der äußeren Schichten der ganzen Pflanzen ist sehr viel Kieselerde abgelagert. Der langgegliederte, unter der Erde fortwachsende Stamm erscheint in Seitenästen als Stengel über der Erde; an den Enden der gewöhnlich nach der Zahl der Blätter gestreiften Stengelglieder sitzen die kleinen, schuppigen, zu einer enganschließenden Scheide verwachsenen Blätter in Quirlen; und an dem Grunde dieser Scheiden brechen die quirlförmig gestellten, aber selten nochmals in gleicher Weise verästelten Seitenäste hervor. Die an der Spitze der oberirdischen Stengel oder deren Aeste, zuweilen auch an besondern astlosen Stengeln hervortretenden Sporenfrüchte bestehen aus zu einem fichtenzapfenähnlichen Körper zusammengehäuften Sporenblättern, welche gestielt und in Form eines Schildes vieleckig entwickelt sind. Die untere Seite des Schildes ist nach der Zahl der Seiten zu Säckchen ausgedehnt, in denen die Sporen entstehen. Jede Spore entsteht einzeln in einer Mutterzelle, welche eine Verdickungsschicht in Form zweier gleichartiger Spiralbänder entwickelt und

später in der Richtung dieser Bänder zerreißt, wobei diese die Spore umwickelt. Der Vorkeim trägt Scheinantheren und ist eine viellappige Ausbreitung, welche an bestimmter Stelle ein Knötchen bildet, das nach oben zu Stengel und Blatt, nach unten zur Wurzel sich entwickelt.

B. Geschlechtspflanzen. Samen.

§. 128. Die Pflanzen dieser großen Unterabtheilung zeichnen sich durch die Art und Weise ihrer Fortpflanzung und durch die hierzu erforderlichen doppelten Organe aus, indem sie in einer Sporenfrucht, welche bei den Pflanzen dieser Abtheilung der Staubbeutel heißt, die Sporen, die aber hier in ihrer Gesammtheit Blüthenstaub oder Pollen, einzeln Blüthenstaubkörner oder Pollenkörner genannt werden, entwickeln und einen zelligen, rundlichen oder länglichen, wenigstens an der Spitze freien Körper, die sog. Samenknospe, in welcher sich eine einzelne Zelle, der sog. Keimsack, so sehr entwickelt, daß eine auffallende Höhlung in der Samenknospe entsteht, bilden. Die Entwicklung der Pflanze findet hier in der Weise statt, daß sich das einzelne Pollenkörnchen zu einem Schlauch ausdehnt, der durch räumliche und andere Verhältnisse begünstigt, bis an den Keimsack vordringt und daß am Ende (nach Schleiden's Ansicht aus dem Ende) des Schlauches die junge Pflanze entsteht, die mit Ausnahme der athalamischen Pflanzen stets im Keimsack liegt. Der ganze Vorgang vom Beginn der Schlauchbildung bis zum Eintritt desselben in die Samenknospe und der der ersten Anlage des Keims wird die Befruchtung genannt, jedoch ist der eigentliche Ursprung desselben oder der jungen Pflanze noch zur Zeit unbekannt.

I. Athalamische Pflanzen.

§. 129. Die athalamischen Pflanzen, welche die Uebergangsglieder von den agamischen zu den gamischen bilden, stimmen mit den ersteren darin überein, daß nach dem Beginn der Entwicklung der Sporen oder Pollenkörner diese in ununterbrochener Vegetation bis zur Vollendung der erwachsenen Pflanzen fortschreitet, und mit den gamischen Pflanzen darin, daß sie Samenknospen und Pollen besitzen, unterscheiden sich aber von ihnen dadurch, daß die Samenknospen und Pollen sich unvereinigt von der Mutterpflanze trennen und erst später zusammentreten.

§. 130. Die Wasserfarne oder Hydropteriden, auch nach der Stellung ihrer Fortpflanzungsorgane Wurzelfrüchtige oder Rhizocarpeen benannt, bilden eine kleine, nur aus den Gattungen Azolla, Salvinia, Marsilea und Pilularia bestehende Gruppe, deren Arten nur in oder am Wasser vegetiren. Die kaum eine Andeutung von Gefäßbündeln enthaltenden Stengel sind mit kurzgestielten eiförmigen, oder langgestielten vierlappigen, einem vierblättrigen Klee gleichenden, oder mit fadenförmigen binsenähnlichen Blättern und mit kurzgestielten, vereinzelten oder in Trauben gestellten, kugeligen oder eiförmigen, glatten oder schwach gerippten, braunen oder grünen Kapseln besetzt, welche letztere theils in freien gestielten, theils in ungestielten, in verschiedenen Abtheilungen liegenden Säckchen

die lederartigen Samenknospen mit größeren mehlerfüllten Keimsäcken und die Pollenkörner enthalten.

II. Thalamische Pflanzen.

§. 131. Die Pflanzen dieser Abtheilung unterscheiden sich besonders dadurch von den athalamischen Pflanzen, daß die Samenknospe bis zur Eindringung des Pollenschlauches mit der Mutterpflanze in Verbindung bleibt und daß die neu entstehende Pflanze sich bis zu einem gewissen Grad, bei welchem sie Keim genannt wird, ausbildet und dann der Entwicklungsproceß für längere Zeit still steht; die den Namen Samen führende Samenknospe wird von der Mutterpflanze abgeworfen und bei dem späteren Wiederbeginn der Entwicklung, beim sog. Keimen, zersprengt. Während bei den athalamischen Pflanzen die Fortpflanzungsorgane nicht auf die Bedeutung von Stengel und Blatt zurückzuführen sind, so ist bei den thalamischen Pflanzen der Staubbeutel in jedem Fall Theil eines eigenthümlich veränderten Blattes und die Samenknospe zweifellos oft oder vielleicht immer die knospenähnliche Production eines Stengelorgans.

§. 132. Durch die Art der Entwicklung und des Auftretens der Samenknospen zerfallen die thalamischen Pflanzen wiederum in zwei Hauptabtheilungen. Entwickeln sich die Samenknospen ganz frei in den Winkeln von gewissen Blättern oder aus dem Ende von Stengeln, so sind sie und folglich auch die Samen nackt und hiernach werden die Pflanzen dieser Art Nacktsamige oder Gymnospermen genannt. Bei anderen Pflanzen bildet sich aus einem zusammengebogenen und mit den Rändern verwachsenen Blatt oder aus mehreren mit den Rändern untereinander verwachsenen Blättern oder aus einem becherförmig entwickelten Stengelgliede ein hohler nach oben mit einer Oeffnung versehener Körper, der, da er sich später zu der gemeinschaftlichen Frucht ausbildet, Fruchtknoten oder auch Fruchtknospe genannt wird; da sich innerhalb desselben die Samenknospen entwickeln, also diese und späterhin auch die Samen nicht frei an der Pflanze sind, so werden die Pflanzen dieser Art mit dem Namen Verhülltsamige oder Angiospermen bezeichnet. Für die Bezeichnung einzelner Pflanzentheile giebt es Kunstausdrücke, die für alle thalamischen Pflanzen gelten und oben §§. 59—63 zum Theil angegeben worden, aber in nachstehenden §§. 133 u. ff. näher und im Zusammenhang erläutert werden müssen.

§. 133. Die Fortpflanzungsorgane und die räumlich zu diesen gehörenden Theile der Pflanzen heißen Blüthen oder auch, wenn sie, wie oft der Fall ist, mit Kreisen eigenthümlich veränderter Blätter umgeben sind, Blumen; die der Mitte der Blüthe zugewendete Seite die innere Seite oder Bauchseite, die andere die äußere Seite oder Rückenseite und, wenn die Blüthe aus einer Winkelknospe hervorgegangen ist, die nach dem Stengel zu liegenden Theile die oberen, die nach dem Deckblatt zu liegenden Theile die unteren Blüthentheile, die Stengel, deren Seitenknospen Blüthen sind, Blüthenstengel, die Stengel oder die Stengelglieder, deren Endknospen Blüthen sind, dagegen Blüthenstiele. Die Blüthen stehen regelmäßig (als veränderte Knospen) nur in

den Winkeln der Blätter, welche Stützblätter oder, wenn sie in Größe, Form und Farbe von den übrigen Blättern abweichen, Deckblätter und diejenigen, welche noch als besondere kleine Blätter vorhanden sind, Deckblätchen genannt werden. Eine Blüthe ohne Stütz- und Deckblätter heißt eine nackte Blüthe.

§. 134. Nach dem gewöhnlichen aber unzweckmäßigen Sprachgebrauch werden die Samenknospen weibliche, die Staubbeutel männliche Organe benannt; sind beide räumlich so zusammengefaßt, daß man sie als ein Ganzes betrachten kann, so werden derartige Blüthen Zwitterblüthen, bei räumlicher Entfernung aber eingeschlechtige Blüthen genannt, welche letztere wiederum, wenn sie auf einem und demselben Individuum vorkommen, einhäusige und beim Vorkommen auf verschiedenen Individuen zweihäusige Blüthen heißen. Diese letzteren haben, wenn der Plan der Blüthen, nach dem sie gebaut, ein wirklich verschiedener ist, ächte Geschlechtstrennung oder, wenn ursprünglich als Zwitter gebaute Blüthen nur deßhalb sich eingeschlechtig zeigen, weil in der Regel bei den verschiedenen Blüthen bald das eine oder das andere Organ fehlschlägt oder verkümmert d. h. nicht zur vollständigen Entwicklung gelangt, unächte Geschlechtstrennung oder, da dann wohl auch vollkommen entwickelte Zwitter mit den eingeschlechtigen Blüthen vermischt vorkommen, Vielgeschlechtigkeit. Der Staubbeutel entspricht jedesmal dem Theile eines Blattorganes, welches dem Sporenblatt der geschlechtslosen bewurzelten Pflanzen analog als Ganzes Staubblatt genannt wird; zuweilen ist die Blattform wenn auch nur als große breite Schuppe noch deutlich, und die den Pollen enthaltenden Säckchen, die sog. Fächer, sitzen auf der unteren, selten auf der oberen Fläche. Nur selten ist das ganze Staubblatt in ein einfaches Säckchen (einfächeriger Staubbeutel) umgewandelt, meist ist es bis auf den Mittelnerv oder das sog. Mittelband für die Bildung zweier zu beiden Seiten des Mittelbandes liegenden Pollensäckchen, der sog. Kammern verwendet, in welchem Fall der den Pollen enthaltende Theil im Ganzen Staubbeutel und der Stiel desselben, wenn er vorhanden, der Träger genannt wird; auch die Kammern sind dann oft wiederum durch zwei senkrechte Scheidewände in zwei kleinere Fächer getheilt, wodurch ein vierfächeriger Staubbeutel gebildet wird. Das Aufreißen der Staubbeutel findet theils durch Längsspalten, theils durch Poren, theils durch Klappen statt.

§. 135. An der Samenknospe wird die Spitze als Kernwarze und der Grund als Knospengrund unterschieden; die ganze Samenknospe heißt der nackte Knospenkern. In vielen Fällen wird der Knospenkern am Grunde durch die Bildung einer ringförmigen Wulst, der sog. einfachen Knospenhülle überwachsen und an der Spitze hinterbleibt eine Oeffnung, der einfache Knospenmund; wenn sich in gleicher Weise über der ersten noch eine zweite Hülle bildet, so unterscheidet man innere und äußere Knospenhülle und Innen- und Außenmund. Nachdem der Pollenschlauch eingedrungen ist, entwickelt sich seltner eine solche Knospenhülle, welche auch nur in wenigen Fällen ausgebildet wird und meist in Form von bandartigen Fetzen oder Haarbüscheln erscheint, in welchem Fall sie Samenmantel genannt wird. Der Stiel einer

Samenknospe im Ganzen heißt der Knospenträger, und der Theil, auf welchem die Samenknospen unmittelbar befestigt sind, er mag ein besonderes Organ oder nur in der Gegend eines anderen Organs sein, wird der Samenträger genannt.

§. 136. Bei den reifen Samen unterscheidet man die gewöhnlich aus der ganzen ursprünglichen Samenknospe gebildete äußere derbe Schicht als Samenschale von dem sog. Kern, welcher entweder allein aus dem verhältnißmäßig großen Keim oder aus diesem und einer Zellgewebsmasse, dem sog. Eiweißkörper, der, wenn er aus dem Knospenkern entsteht, Kerneiweiß, oder wenn er aus einem im Keimsack neu gebildeten Zellgewebe entstanden ist, Inneneiweiß oder, wenn er aus dem übermäßig entwickelten Knospengrund entstanden ist, unächtes Eiweiß genannt wird, besteht. Der stets sich scharf unterscheidende Anheftungspunkt, bei welchem der Same und zwar gewöhnlich glatt vom Knospen- oder Samenträger abbricht, heißt der Nabel, und am Keim unterscheidet man das Würzelchen, welches immer der Kernwarze oder dem Knospenmund zugewendet liegt, das erste oder die ersten der Keimblätter, die immer auf gleicher Höhe stehen, und das von ihnen umschlossene andere Ende der Pflanze, das Knöspchen, welches sich später zu Stengeln und den übrigen Blättern entwickelt.

a. Gymnospermen.

§. 137. Diese nur die Familie der Cycadeen, Coniferen und Loranthaceen umfassende Abtheilung der Pflanzen hat einfache oder verästelte Stämme mit ungeschlossenen Gefäßbündeln, meist homogenem, zum Theil selbst in den kleinsten Abschnitten an ihren Strukturverhältnissen erkennbarem Holz und auffallend deutlich porösen Verdickungsschichten; die Poren sind von der Ebene besehen meist mit einem doppelten Kreis bezeichnet, von denen der innere dem Porenkanal, der äußere einem linsenförmigen Raum zwischen zwei aneinander liegenden Zellen entspricht. Die Blätter sind fast stets lederartig steif, einfach, schmal und nadelförmig, lanzettlich und eiförmig, oft fieder- oder handförmig getheilt.

§. 138. Die Blüthen der Gymnospermen sind Zwitter, oder ein- und zweihäusig und mit unächter oder ächter Geschlechtstrennung. Die in Köpfchen oder Aehren stehenden Staubblätter sind zum Theil schuppenförmig mit zahlreichen zerstreuten, auch mit wenigeren, selten mit zwei Fächern auf der Rückenfläche, zuweilen schildförmig und den Porenblättern der Schafthalme ähnlich, seltner mit einem in vier Längsfächer getheilten Staubbeutel, in welchem Falle die Träger der Staubbeutel häufig blattartig und selbst über den Staubbeutel hinaus verlängert und untereinander zu einer Röhre verwachsen sind und so eine unächte Blume bilden. Die sehr verschiedenen Samenknospen sitzen entweder am Ende der Zweige und dann meist einzeln oder in geringer Anzahl köpfchen- oder doldenförmig vereinigt, oder in dem Winkel schuppenförmiger Deckblätter und dann zu kugeligen oder länglichen, zur Zeit der Samenreife Zapfen heißenden Aehren vereinigt und in diesem Fall stehen in dem Winkel der Deckblätter nur eine oder mehrere Samenknospen oder es findet sich ein schuppenförmiger, an den oberen Flächen am Grunde eine oder zwei Samenknospen

tragender Samenträger. Die selbst niemals ganz einfachen Samenknospen sind gewöhnlich an dem ursprünglich freien Knospenkern mit einer einfachen, oft an ihrer Mündung zweilappig erscheinenden Knospenhülle überzogen; bei den frei stehenden Samenknospen sind die Kernwarze und der Knospenmund aufwärts, bei den am Grunde einer Schuppe stehenden nach dem Grund der Schuppe hingerichtet. Bei den Pflanzen mit Zwitterblüthen und den wenigen mit unächter Geschlechtstrennung stehen die entwickelten oder verkümmerten Staubbeutel an der Spitze eines kurzen Stengelgliedes und innerhalb der Staubbeutel endet das Stengelglied in einer einfachen warzigen Erhabenheit oder einer stielförmigen Verlängerung, welche die Kernwarze vorstellt. Das Stengelglied ist aber die eigenthümliche Samenknospe, in welchem sich die Keimsäcke entwickeln, weßhalb hier die Samenknospe, da sie unter den übrigen Blüthentheilen steht, als unterständige Samenknospe bezeichnet wird.

§. 139. Die sehr verschiedene Formen zeigenden reifen Samen haben entweder den Nabel am Grund oder jener nimmt die Seitenfläche ganz oder theilweise ein; ihre Samenschale ist in einigen Fällen hart und holzig, in anderen saftig-fleischig und in noch anderen in den äußeren Schichten fleischig, in den inneren holzig; nur selten findet sich ein fleischiger Samenmantel. Zuweilen löst sich mit dem Samen zugleich eine flügelförmige Zellenschicht vom Samenträger ab. Der Kern besteht stets aus dem Inneneiweiß und dem in ein langes, sich fast in vereinzelte Zellen auflösenden Wurzelende und 2 bis 12 Keimblättern.

b. Angiospermen.

§. 140. Der die Pflanzen dieser Abtheilung von den Gymnospermen unterscheidende Fruchtknoten kann einen sehr verschiedenen Ursprung haben; er selbst sammt seiner Oeffnung heißt der Stempel, die Oeffnung und der oft an ihr eigenthümlich ausgebildete Rand die Stempelmündung und zwar nach der Theilung des Randes eine zwei- bis vielfach gelappte Stempelmündung, während die einzelnen Theile Mundlappen genannt werden; ein zwischen dem die Samenknospen umfließenden Theil und die Stempelmündung zu einem röhrenförmigen Stiel verlängerter Fruchtknoten heißt der Staubweg, wobei jedoch folgende wichtige Verschiedenheiten vorkommen; es wird nemlich bei der Entwicklung der Samenknospen im Fruchtknoten dieser in allen Theilen, so wie die Samenknospen mehr Platz verlangen, gleichmäßig ausgedehnt, so ist der Staubweg auch die unmittelbare Verlängerung des Fruchtknotens nach oben und heißt ein endständiger Staubweg; oder es hört die Ausdehnung des Fruchtknotens auf einer Seite früher auf als an der andern, so daß sich der Fruchtknoten über die Ursprungsstelle des Staubweges hinaus in die Höhe wölbt, wo dann der Staubweg von der einen Seite des Fruchtknotens entspringt und ein seitenständiger Staubweg genannt wird; oder es bleibt die eine Seite des Fruchtknotens von vornherein in der Entwicklung zurück und die Theile, welche die Samenknospe umschließen, wölben sich nach der einen Seite oder rings um den Ursprung des Staubweges herum, wo dann dieser ein grundständiger Staubweg genannt wird.

§. 141. Der einfachste Stempel ist aus einem zusammengebogenen Blatt gebildet, und derartige Stempel können mehrere in einer Blüthe vorkommen und zwar in Wirteln oder in einer Spirale gestellt, wo sie dann auch untereinander zu einem, stets vielfächerigen Stempel verwachsen; die zusammengesetzten Stempel sind aus mehreren untereinander mit ihren Rändern verwachsenen Blättern gebildet, in allen Fällen können aber auch die Blätter durch blattähnliche flach entwickelte Stengelglieder vertreten sein und stets werden die einzelnen den Stempel bildenden Stücke ohne Rücksicht auf ihre Bedeutung Fruchtblätter genannt. Alle Fruchtknoten dieser Art heißen, da die übrigen Blüthentheile unterhalb derselben befestigt erscheinen, oberständige Fruchtknoten und die Blüthentheile unterständige Blüthentheile. Für die Beurtheilung der Organisation des Stempels tritt aber hier ein sehr wichtiger Unterschied hervor, indem nemlich entweder die verschiedenen Fruchtblätter einer Blüthe jedes für sich einen vollständigen Stempel bilden und diese dann mehr oder weniger untereinander verwachsen, mitunter auch frei bleiben, oder sämmtliche Fruchtträger zur Bildung eines einzigen Stempels zusammentreten; im ersten Fall sind immer so viele, jeder seinen eigenen Staubwegkanal enthaltende Staubwege oder so viele gesonderte Stempelmündungen vorhanden, als Fruchtträger zur Bildung der Stempel beitrugen, und derartige Stempel heißen apocarpe Stempel, im letzten Fall dagegen sind möglicherweise so viel Fächer als Fruchtblätter, aber stets nur ein Staubweg und, selbst wenn die Zahl der Mundlappen der der Fruchthälter entspricht, nur eine Stempelmündung vorhanden, und derartige Stempel heißen syncarpe Stempel. In vielen Fällen nehmen jedoch auch die Stengelorgane in einer ganz besonderen Weise an der Bildung des Stempels Antheil, indem sich nemlich der letzte oder die letzten der Stengelglieder der Blüthe, entweder flach oder etwas vertieft, scheibenförmig ausdehnen und so den unteren Theil des Fruchtknotens bilden, dessen obere Theile dann die auf dem Rande des ersteren stehenden Fruchtblätter vollenden; vertieft sich die Scheibe noch mehr bei gleichzeitiger Zusammenziehung des Randes, so bildet sie den ganzen Fruchtknoten, die Fruchtblätter dagegen nur noch die Stempelmündung oder diese und den Staubweg. Fruchtknoten dieser Art werden, da die übrigen am Rande der Scheibe befestigten Blüthentheile mit diesem in die Höhe rücken, ganz- oder halbunterständige Fruchtknoten, die Blüthentheile aber halb- oder ganzoberständige Blüthentheile genannt. Es kann sich aber auch die Scheibe noch oberhalb des durch sie gebildeten Fruchtknotens verlängern und dadurch den Staubweg oder sogar mit völligem Ausschluß der Fruchthälter den Staubweg und die Stempelmündung bilden, in welchem Fall die stielförmige Verlängerung auch die Staubblätter zu tragen pflegt; ein derartig gebildeter Staubweg heißt ein Stengelstaubweg. — In allen Fällen kann durch plattenartige Vorsprünge von der Wand des Fruchtknotens, durch die sog. Scheidewände die Höhle desselben in mehrere Fächer abgetheilt werden, die stets senkrecht und alle mit der Stempelmündung in Verbindung stehen und aus jedem Fache des Fruchtknotens eine oder mehr Samenknospen entwickeln können, weßhalb ein- bis vielfächerige Fruchtknoten und ein- bis vielknospige Fächer zu unterscheiden

sind. Je nachdem der Samenträger sich an der Wand des Fruchtknotens oder an der Axe desselben befindet, unterscheidet man wandständige oder centrale Samenträger, welche letztere bei einfächerigen Fruchtknoten zugleich frei sind. — Das Zellgewebe auf der inneren Oberfläche der Stempelmündung und des Staubweges ist gewöhnlich aufgelockert, oft bis zu den Stempelträgern und meist in der Stempelmündung, zum Theil auch im Staubweg so sehr, daß der ursprünglich offene Weg dadurch ausgefüllt wird.

§. 142. Die Samenknospen kommen zwar gewöhnlich als nackte Knospenkerne mit einer oder zwei Knospenhüllen vor, jedoch entstehen noch in Folge eigenthümlicher Entwicklungen wesentliche Verschiedenheiten und zwar:

1) die umgekehrte Samenknospe, wo sich die Samenknospe während der Entwicklung zwischen dem Knospengrund und dem Knospenträger zusammenbiegt und der sich gleichzeitig stark verlängernde Knospenträger während der Entwicklung mit dem Knospenkern oder mit der äußeren oder mit der inneren Knospenhülle verwächst. Das angewachsene Stück des Knospenkerns heißt dann die Samennaht, und je nachdem diese an der dem Samenträger zugekehrten oder entgegengesetzten Seite liegt, die anliegende oder die abgewendete Samennaht. Die Kernwarze und der Knospenmund liegen unmittelbar neben dem Anheftungspunkt und diesem gegenüber der Knospengrund; von diesem durch die Mitte des Knospenkerns zur Knospenwarze ist eine gerade Linie. Wenn die Umkehrung erst spät eintritt, so daß die obere Hälfte der Samenknospe frei ist, und die Naht erst in der Mitte der Samenknospe anfängt, so wird die Samenknospe eine halb umgekehrte Samenknospe genannt.

2) Die gekrümmte Samenknospe ist eine solche, wo sich nur die eine Seite der Samenknospe entwickelt hat und die andere zurückbleibt, wodurch die Kernwarze und der Knospenpunkt zwar ebenfalls neben den Anheftungspunkt zu liegen kommen und Anheftungspunkt und Knospengrund zusammenkommen, aber die Linie vom Knospenkern zur Knospenwarze eine gekrümmte ist.

3) Die halbgekrümmte Samenknospe zeigt die unter 1 und 2 angegebenen Verhältnisse zusammen, wodurch die Samenknospe eine kurze Samennaht hat und der Knospengrund seitlich liegt.

4) Die gebogene Samenknospe bildet sich durch die gleichförmige Entwicklung der Samenknospe nach beiden Seiten, jedoch tritt ohngefähr in der Mitte des Knospenkerns eine Zusammenziehung ein, weßhalb die sich zugewendeten Seiten der Samenknospe sogleich bei der Entwicklung verwachsen.

5) Die gerade Samenknospe ist die unverändert entwickelte Samenknospe.

In Beziehung auf die Befestigung der Samenknospen hat man nachstehende Bezeichnungen: hängende Samenknospen sind solche, wo der Anheftungspunkt bei aufrecht gedachtem Fruchtknoten höher als der Knospengrund liegt, aufrechte Samenknospen solche, die an der Seitenwand des Fruchtbodens, und grundständige Samenknospen,

wenn sie im Grund desselben befestigt sind; in der Mitte befestigte oder schildförmige Samenknospen sind solche, bei denen der Durchmesser vom Grund bis zum gerade entgegengesetzten Ende kürzer als der Querdurchmesser ist. Ferner bedient man sich der Ausdrücke: am freien centralen Samenträger befestigt, von einem solchen herabhängend, am centralen (nicht freien) Samenträger befestigt und am wandständigen Samenträger angeheftet.

§. 143. Die Staubblätter stehen in den Blüthen einzeln, in Wirteln oder in einer Spirale und sind ungestielt oder gestielt; im letztern Fall unterscheidet man den Stiel als Träger und den den Pollen enthaltenden Theil als Staubbeutel. Dieser hat einen zu beiden Seiten von den sog. Kammern begrenzten mittleren Theil, das sog. Mittelband, welches oft nur ein einfacher, oft auf der vorderen, auch oft auf der hinteren Seite, eben so aber auch bald nach oben bald nach unten stärker entwickelter Streifen ist; es werden dann durch die vordere Entwicklung die auswärtsgekehrten, durch die hintere Entwicklung die einwärtsgekehrten und durch die obere oder untere Entwicklung die gespreizten Kammern gebildet; häufig entwickelt sich entweder das Mittelband allein oder dieses und der Träger zugleich blattartig, wodurch die Kammern wie in der Mitte eines Blattes angewachsen erscheinen. Bei scheinbarer unmittelbarer Verlängerung des Mittelbandes in den Träger werden die sog. fortlaufenden, bei Anheftung der Träger in der Mitte des Mittelbandes die schwankenden Staubbeutel gebildet; außerdem kommen mannichfach geformte Anhängsel am Mittelband und am Träger vor. Die Staubbeutel entwickeln sich zwar fast alle nach einem Plan, jedoch kommen auch solche einem einfachen Säckchen gleichende, die ächt einfächerigen, selten als einfache Kammern zu beiden Seiten des Mittelbandes als ächt zweifächerige, in den meisten Fällen jedoch in Folge einer Theilung der Kammern in ein hinteres und ein vorderes Fach als vierfächerige und zuweilen durch ein Ineinanderübergehen der beiden vorderen und der beiden hinteren Fächer an der Spitze des Staubbeutels als an der Spitze gekuppelte Staubfäden vor. Gewöhnlich ist die Trennung der hinteren und vorderen Fächer durch eine seichtere oder tiefere Längsfurche äußerlich angedeutet; an derselben findet regelmäßig das Aufspringen statt, wobei sich die Scheidewand von der Wand der Fächer trennt. Geschieht dieses früh, ehe die Wand selbst zerreißt, was meist der Fall ist, so ist es ein unächtzweifächeriger Staubbeutel, und dieser Bau wird als der regelmäßige angesehen und deßhalb bei Beschreibungen nicht weiter bemerkt. Die Wand trennt sich dann in der Furche von oben nach unten; bei vollständiger Trennung öffnet sich der Staubbeutel mit zwei Längsfurchen, bei der Beschränkung der Trennung auf den oberen Theil mit unächten Löchern. Sehr selten löst sich die Wand, ehe sie aufreißt, auch an der vorderen Seite des Mittelbandes; ein solcher heißt ein unächt einfächeriger Staubbeutel und öffnet sich in der Mitte mit einer Spalte. Ebenfalls nur selten durch Ablösen der Wände an den Seiten und unten im ganzen Umfang und Umschlagen nach oben bilden sich die mit Klappen aufspringenden Staubbeutel. Wenn sich, was zuweilen stattfindet, an der Spitze des Staubbeutels eine einfache

Oeffnung bildet, durch welche der Blüthenstaub entleert wird, so öffnet sich der Staubbeutel mit ächtem Loch; wenn sich, was selten geschieht, an dem dann meist blattartig bleibenden Staubblatt nur die eine Seite zur Kammer ausbildet, dagegen die andere blattartig zurückbleibt, so bildet sich ein sog. halbseitiger Staubbeutel. — In der Wand aller Staubbeutelfächer und gewöhnlich in der inneren Schicht finden sich bei allen, mit Ausnahme der ganz unter Wasser blühenden Pflanzen Spiral- oder Ringfaserzellen. Mit Ausnahme derselben Pflanzen sind die Pollenkörner mit einer eigenthümlichen Absonderungsschicht, der äußeren Pollenhaut überzogen, welche durch die Besetzung mit kleinen Warzen, Stacheln, einfachen und durchbrochenen Leisten und ähnlichen Anhängseln die mannichfaltigsten, oft einzelne größere oder kleinere Gruppen charakterisirende Formenspiele, außerdem aber einzelne oder mehrere Spalten oder Löcher zeigt, von denen die letzteren zuweilen mit einem kleinen Deckel bedeckt sind, aus dem bei der späteren Entwicklung des Pollens der Pollenschlauch hervortritt. Die Pollenkörner sind zuweilen zu 2, 4 oder 8, selten aber der gesammte Blüthenstaub eines Faches zu einem Ganzen, der sog. Pollenmasse zusammengeklebt. Der Blüthenstaub wird bei der Fortpflanzung nicht unmittelbar auf die Samenknospe wie bei den Gymnospermen, sondern nur auf die Stempelmündung übertragen; es bildet sich hier der Pollenschlauch, der durch die Stempelmündung und durch den Staubweg bis zu den Samenknospen vordringt und dann in dieselben eintritt.

§. 144. Die Frucht ist zur Zeit der Samenreife, wie der Fruchtknoten zur Blüthenzeit, für die Angiospermen charakteristisch; die Fruchtwand heißt im Gegensatz zu den in der Frucht enthaltenen Samen die Fruchtwand. Die Verschiedenheiten im Bau des Fruchtknotens gelten auch für die Frucht, wenn nicht später besondere Veränderungen eingetreten sind, wohin das fast allgemeine Verschwinden der Stempelmündung und des Staubweges nach der Befruchtung bis auf eine kleine Narbe, die selten stehen bleiben und noch seltner sich weiter ausbilden, das Verkümmern oder Fehlschlagen von Samenknospen und Fächern in Folge nicht eingetretener Befruchtung und die Bildung wagerechter, die Verbindung der befruchteten Samenknospen mit dem Staubweg und mit der Stempelmündung abschneidenden Scheidewände gehören. Die beiden wichtigsten Unterschiede zwischen dem Fruchtknoten und der Frucht liegen aber in den Strukturverhältnissen, indem sich füererst in der Fruchtschale Gliederungen bilden, wodurch das Zerfallen der Frucht in einzelne Stücke bedingt wird und zum anderen sich die Zellgewebschichten der Fruchtschale von Innen nach Außen verschiedenartig, theils derber und selbst bis zur holzigen Härte, theils fleischiger und sogar bis zur Auflösung in einen saftigen Brei entwickeln, worauf fünf verschiedene Hauptformen der Frucht beruhen, nemlich

I. nicht zerfallende Früchte

A. mit gleichförmiger, hautartiger oder holziger Entwicklung aller Schichten der Fruchtschale (1. die Schließfrucht), und

B. mit verschiedenartiger Entwicklung der Fruchtschalenschichten

a. mit äußeren derberen und inneren fleischigeren Schichten (2. die Beere),

b. mit inneren derberen und äußeren fleischigeren Schichten (3. die

Steinbeere, bei denen sich gewöhnlich die äußeren Schichten leicht von den inneren oder dem sog. Stein ablösen);

II. zerfallende Früchte

A. in der Weise zerfallend, daß die einzelnen Theile, welche dann bei wagerechter Trennung Glieder-, bei senkrechter Trennung Theilfrüchtchen genannt werden, die Samen fest umschließen (4. Spaltfrüchte),

B. oder in der Weise zerfallend, daß die Samen frei werden, wo die Früchte dann 5. Kapselfrüchte heißen, die wiederum verschiedene Bezeichnungen haben, nemlich Schläuche, wenn sie sich nur mit einer Längsspalte öffnen, Schlauchkapseln, wenn sich die Fächer mehrfächeriger Kapseln theilweise trennen und jedes derselben an dem Bauch mit einer Spalte öffnet, Deckelfrüchte, wenn sich die Kapselfrüchte durch einen wagerecht abgelösten Deckel öffnen, Streubüchsen, wenn sie sich mit regelmäßigen oder unregelmäßigen Löchern öffnen und ächte Kapseln, wenn sie der Länge nach in einzelne Stücken oder sog. Klappen zerfallen. Bei den mehrfächerigen Kapseln werden noch nach der Art des Aufspringens unterschieden scheidewandlösende Kapseln, wenn sich die Klappen von den unverletzten Scheidewänden trennen, scheidewandspaltige Kapseln, wenn sich die Scheidewände in zwei Blätter trennen und an jeder Klappenwand eine halbe Scheidewand hängen bleibt, und in fachspaltige Kapseln, wenn die Trennung mitten durch die Rückwand der Fächer geht, so daß die Scheidewände auf der Mitte der Klappe sitzen bleiben oder sich zugleich von den Klappen loslösen.

§. 145. Der Samen besteht aus dem Knospenträger und dem Samen; am ersteren ist der Samenmantel in Form einer Knospenhülle, als zerschlitzte Bänder oder als Haarbüschel oder als safterfüllte Schlauchzellen befestigt oder zu einem zelligen, von der ähnlichen Auflösung der inneren Fruchtschalenschichten nicht mehr zu unterscheidenden Brei, zu sog. Fruchtbrei aufgelöst; am eigentlichen Samen finden sich Haare, Warzen, Kämme, Flügel und andere Auswüchse entwickelt. Der Knospenmund ist oft merkwürdig z. B. als eine fleischige Warze, als eine hautartig den Samen überziehende Hülle (sog. unächter Samenmantel) oder als ein kleiner, bei der Keimung abspringender Deckel (als sog. Keimdeckel) gebildet. Die Richtung des Keims im Samen ist ohne Ausnahme so, daß das Würzelchen der Keimwarze und dem Knospenmunde zugewendet ist, daß es also bei gerader Samenknospe dem Anheftungspunkt des Samens gegenüber, bei anders geformter Samenknospe neben dem Anheftungspunkt liegt, weßhalb die Pflanzen ersterer Art Gegenkeimer, die der letzteren Rechtkeimer genannt werden. Die Form des Keims ist nach dem Grad seiner Entwicklung sehr verschieden; nur in seltenen Fällen besteht er aus einem rundlichen oder fadenförmigen Hauptkörper, während er gewöhnlich Keimblätter entwickelt, die entweder einzeln oder zu zwei auftreten, wodurch zwei große Abtheilungen von Pflanzen gebildet werden, nemlich einsamenlappige Pflanzen oder Monokotyledonen, bei welchen sich nur ein Keimblatt aus dem ganzen Umfang des Stengels entwickelt und dann

gewöhnlich das Knöspchen scheidenförmig einschließt, und zweisamenlappige Pflanzen oder Dikotyledonen, bei denen sich aus dem Umfang des Hauptkörpers des Keims gleichzeitig und auf gleicher Höhe zwei Blätter entwickeln, welche das Knöspchen zwischen sich nehmen. Beide Pflanzenabtheilungen unterscheiden sich aber nicht allein durch die Zahl der Keimblätter, sondern auch sonst so wesentlich in ihrer ganzen Organisation, daß die wenigen Ausnahmen, wo gar kein Keimblatt auftritt, ihnen bequem untergeordnet werden können.

§. 146. Der Stengel und Stamm bilden sich in der mannichfaltigsten Form mit auf dem Querschnitt bald zerstreut, bald zu einem einfachen Kreis geordnet erscheinenden Gefäßbündeln und kommen sowohl einfach als auch in Folge der Entwicklung von Winkelknospen verästelt vor. Die Winkelknospen selbst lassen sich, je nachdem sie ein- oder mehrjährig sind, in Zweige und Aeste unterscheiden und die Pflanzen erhalten dann als Ganzes verschiedene Bezeichnungen, nemlich Kraut, wenn nur Stengel vorhanden sind und zwar im Besonderen einjährige Gewächse oder Sommergewächse und zweijährige Gewächse, je nach dem sie in demselben oder im zweiten Jahr zur Blüthe kommen und absterben, ferner Staude, wenn unterirdische Stämme oberirdische Stengel tragen, Busch bei verästelten Stämmen ohne erkennbaren Hauptstamm und Baum bei erkennbarem Hauptstamm, dagegen Wurzelstöcke die unter der Erde fortkriechenden Stengel und Stämme. Die Verzweigung der Aeste, insofern sie nur Deckblätter und Blüthen tragen, heißt der Blüthenstand, der entweder ein einfacher bei Köpfchen, Dolden, Aehren und Trauben, oder ein zusammengesetzter je nach der Art der Zusammensetzung, oder ein vielfach zusammengesetzter ist und bei der Verlängerung der meisten Stengelglieder eine Rispe, bei der Verkürzung der meisten Stengelglieder ein Knäuel genannt wird.

§. 147. Das Blatt der Angiospermen zeigt einen ungemein großen Formenreichthum, indem es bald fadenförmig, bald flach, bald körperlich entwickelt, bald ganz oder in mannichfacher Weise getheilt, bald einfach, bald zusammengesetzt vorkommt. Die ursprüngliche Verschiedenheit des Keimblattes der Monokotyledonen und Dikotyledonen (vergl. §. 146) zeigt sich zwar auch häufig bei den übrigen Blättern der Pflanzen, bildet aber wegen bedeutender Ausnahmen keinen durchgreifenden Unterschied zwischen beiden Gruppen und noch weniger beschränkt ist der Unterschied zwischen dem auf gleicher Höhe allein stehenden Keimblatt der Monokotyledonen und den in mehrfacher Anzahl auf gleicher Höhe stehenden Keimblättern der Dikotyledonen. Stengelumfassende, einzeln oder zerstreut stehende und wirtelförmig gestellte Blätter kommen daher im Allgemeinen bei den Angiospermen vor. Nach einem Gesetz für die Stellung der Blätter am Stengel hat man vielseitig gesucht und über die Lehre von der Blattstellung Vieles geschrieben, aber bis jetzt noch mit so wenig Erfolg und Sicherheit, daß wir diese Lehre, die auch praktisch ohne Bedeutung ist, nur kurz in der Anmerkung zu diesem Paragraphen andeuten wollen. — Die normale Blattform, ein nichts bedeutender Sprachgebrauch, bezeichnet nur eine häufig vorkommende Form des Blattes, welche in den oberen flach ausgebreiteten Theil oder in die Blattscheibe, in den mittleren stielförmigen

Theil oder in den Blattstiel und in den unteren Theil unterschieden wird, der, wenn er dünn und ganz oder theilweise stengelumfassend ist, die Blattscheide und wenn er fleischig angeschwollen erscheint das Blattkissen heißt. Bei vielen Blättern entwickeln sich am Grund noch besondere Anhängsel, welche die Grenze zwischen dem Scheidentheil und dem Blatt bezeichnen; sie sind jedenfalls von gleicher Bedeutung, haben jedoch bei verschiedenen Pflanzenfamilien zum Theil sehr verschiedene Namen. Schleiden nennt diese Nebenbildungen, die sich nicht selten selbst bei den Staubblättern vorfinden, Nebenblattbildungen; erscheinen sie als zwei ziemlich selbstständig gebildete kleine Blätter, so werden sie Nebenblätter genannt. Für die Blätter sind noch folgende zwei Verhältnisse wichtig: 1) Die Blätter können gleich bei ihrem Entstehen unter einander oder selbst mit anderen Theilen, wie z. B. mit ihren Winkelzweigen verwachsen; ist ein stengelumfassendes mit den Rändern seines unteren Theiles oder sind zwei gegenüberstehende Blätter mit ihren unteren Theilen verwachsen, so daß in beiden Fällen eine flach ausgebreitete Blattscheibe den Stengel umgiebt, so sind es durchwachsene Blätter; sind die Blattränder des unteren Theiles eines Blattes so verwachsen, daß sie auf längere Strecken den Stengel fest umschließen, so heißt dieses eine geschlossene Scheide; mehrere Blätter unter einander verwachsen heißen verwachsene Blätter und der Grad dieser Verwachsung wird mit denselben Ausdrücken wie die Eintheilung einer Fläche, z. B. fünftheilig, fünfspaltig, fünfzähnig je nach dem Maß der Verwachsung bezeichnet und diese selbstverständlich gar nicht weiter ausgedrückt. 2) Die Blätter können fehlschlagen oder verkümmern, eine Erscheinung, die besonders für die Blumenbildungen wichtig ist und darin besteht, daß einzelne schon angelegte Blätter nicht allein sich nicht weiter entwickeln, sonderen auch bei der späteren Ausbildung des Pflanzentheils völlig wieder verschwinden oder doch nur zu sehr unvollkommenen Bildungen entwickelt werden. Beide Verhältnisse können auch bei Blattwirbeln und selbst bei zusammengesetzten, ganz oder theilweise aus Blättern gebildeten Organen, z. B. bei Blüthen vorkommen. Als Laubblätter unterscheidet man oft auch die gewöhnlichen Blätter im Gegensatz zu den Blattorganen der Blumen

Anmerk. Mit der Ausbildung der Lehre von der Blattstellung oder der Phyllotaxie haben sich besonders Alex. Braun, K. F. Schimper, die Gebrüder Bravais und K. Naumann befaßt. Die beiden Ersteren glaubten in Folge ihrer vielen Beobachtungen die Ansicht aufstellen zu können, daß bei der überwiegenden Mehrzahl der Pflanzen die Spirale die Grundlage der Blattstellung sei und daß die Divergenzwinkel rationale Theile des Umfanges der Axe nach der Bruchreihe $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$, $\frac{8}{21}$, $\frac{13}{34}$ (daß also Nenner und Zähler des vorhergehenden Gliedes zusammengerechnet immer das folgende Glied geben) wären, demzufolge nach einer bestimmten Anzahl von Blättern immer ein Blatt kommen muß, welches genau vertikal über dem Blatt steht, von dem ausgegangen worden ist. Für die Folge der einzelnen Spiralen derselben Axe und der Nebenaxe mußten sie andere Gesetze aufstellen, so wie

überhaupt eine Menge Ausnahmen und Abweichungen zugeben. Die Gebrüder Bravais gelangten durch ihre Untersuchungen zu dem entgegengesetzten Resultate, daß es bloß einen einzigen Divergenzwinkel gäbe, welcher im Mittel 137° 30′ 28″ gäbe, folglich eine zum Umfang der Axe (= 360°) irrationale Zahl sei, weßhalb also niemals zwei Blätter genau in derselben Vertikale über einander liegen könnten. Aber auch hier ergeben sich so viele Ausnahmen und Modifikationen, daß es fast nöthig ist, für jedes Individuum besondere Messungen anzustellen. Dasselbe gilt auch von den Ansichten Naumann's, welcher die Stellung der Blätter unter Voraussetzung einer geradlinigen Anordnung betrachtet und sich bemüht hat, die bei mehreren fossilen Baumstämmen sichtbare Quincunzialordnung der Blätter durch einen sehr complicirten mathematischen Calcül als Gesetz für das ganze Pflanzenreich geltend zu machen. Es dürfte überhaupt eine vergebliche Mühe sein, für organische Gebilde mathematische Gesetze zu suchen und sie würde, wenn sie gefunden werden sollten, für die Blattstellung praktisch ohne Bedeutung sein.

§. 148. Der eine Blüthe als Endknospe tragende Stengel heißt der Blüthenstiel und innerhalb der Blüthe, wenn er einfach mit einer geringen Anschwellung geendet ist, Blumenboden; breitet er sich scheibenförmig aus und trägt dann auf seinem Rande oder seiner oberen Fläche die Blüthentheile, ohne jedoch wesentlichen Antheil des Fruchtknotens zu nehmen, so wird er unterständige Blüthenscheibe genannt. Auffallend entwickelte Stengelglieder zwischen Kelch und Krone heißen Kronenträger, zwischen Blume und Staubblättern Staubblattträger, zwischen Staubblättern und Stempeln Stempelträger. Findet die Scheibenbildung oberhalb des unterständigen Fruchtknotens statt, so heißt sie eine oberständige Blüthenscheibe, die übrigens flach, teller-, becher-, krugförmig u. s. w. sein kann; der scheibenförmig oder auch abweichend gebaute Blüthenstengel heißt wohl auch der Blüthenboden. Die Blätter, in deren Winkel eine Blüthe oder ein Blüthenstand befindlich ist, heißen Stützblätter, wenn sie den Laubblättern gleichen, oder Deckblätter, wenn sie von diesen verschieden sind, mehrere Deckblätter, die zusammen einen Wirbel oder eine zusammengezogene Spirale bilden und am Grund einen Blüthenstand umschließen, die Hülle; ein einzelnes sehr großes, einen Blüthenstand umfassendes Blatt wird auch die Blüthenscheide genannt und die meist sehr einfach gebildeten, die Winterknospe einschließenden, hinfälligen Blätter heißen die Knospendecke, sämmtliche Blattorgane der Blüthe aber Blüthenblätter. Die Blattorgane, welche in die Blüthenbildung eingehen und nicht Staub- oder Fruchtblätter sind, bilden in ihrer Gesammtheit die Blume, zu deren Begriff wenigstens zwei auf gleicher Höhe stehende, von den übrigen Blättern der Pflanze verschiedene und Fortpflanzungsorgane einschließende Blätter gehören. Die Blumenblätter stehen entweder in gewöhnlich gleichzähligen Wirbeln oder in einer gedrängten Spirale, welche sich dann durch die Staubfäden und Fruchtblätter fortzupflanzen pflegt; die einzelnen Theile können aber gleichartig oder ungleichartig entwickelt sein. Bei gleichartiger Entwicklung aller Wirbel oder Umläufe entsteht die sog. Blüthendecke; ist jene aber

zweierlei Art, wobei der äußere Theil gewöhnlich von derberer Struktur und grün, der innere aber zarter und gefärbter ist, so heißt jener Theil der Kelch, dieser die Krone, wonach auch die einfache Blüthendecke als eine kelchartige oder kronenartige Blüthendecke bezeichnet wird; ist auch noch ein besonders zu unterscheidender Kreis vorhanden, so heißt dieser der Außenkelch. Die zwischen der Blume und den Staubblättern vorkommenden kleinen, ganz verkümmerten und abweichend gebauten Blattorgane werden die Nebenkrone und die zwischen oder innerhalb der Staubblätter vorkommenden die Nebenstaubfäden, die bei manchen Pflanzen vorkommenden, durchaus den Blumen derselben gleichenden, aber keine Fortpflanzungsorgane einschließenden Blattkreise Scheinblüthen genannt. — Die Blumen sind theils regelmäßig, theils symmetrisch entwickelt und ihre einzelnen Theile bald frei, bald verwachsen. Die symmetrischen Blumen zeigen besonders zwei Hauptformen, indem nemlich entweder die oberen und unteren Blätter verschiedenartig entwickelt und bei Verwachsungen der Blumen diese zwischen oberer und unterer Hälfte weniger stark sind (zweilippige Blumen), oder ein einzelnes Blatt der Blume sehr abweichend von den übrigen unter einander fast gleichen Blättern ausgebildet ist (einlippige Blumen); im letzteren Fall heißt auch das abweichend gebildete Blatt die Lippe und im ersteren unterscheidet man Oberlippe und Unterlippe. Bei den verwachsen-blätterigen Blumen sind jedoch noch besondere Verhältnisse zu erwähnen. Es ist nemlich jede symmetrische Blume im strengen Sinn zweilippig, da sie in eine obere und eine untere Hälfte getheilt werden kann; entwickelt sich aber der eine oder andere Theil mehr, während die anderen, unter sich gleichen Theile unbedeutend bleiben, so nennt man eine solche Blume einlippig, aber zweilippig dann, wenn die obere und die untere Hälfte der die Blume bildenden Theile höher hinauf mit einander verwachsen sind, als die beiden Hälften der Blumen selbst; bei gleicher Tiefe der die einzelnen freien Lappen der Blumen trennenden Einschnitte wird die Blume nicht mehr zweilippig, sondern mehrzähnig, mehrspaltig oder mehrtheilig bezeichnet. Ist bei den zweilippigen Blumen die obere Lippe groß, hohl gewölbt und über die untere hervorragend, so heißen sie rachenförmige Blumen und ist dann durch eine nach Innen vorspringende Querfalte, durch den sog. Gaumen, der Eingang in die Röhre mehr oder weniger verschlossen, so werden sie maskirte Blumen genannt.

§. 149. Die Knospen haben für die Angiospermen eine weit größere Wichtigkeit, als für die Pflanzen der früheren Abtheilungen; es sind hier zu unterscheiden Endknospen, Winkelknospen und Nebenknospen.

1) Die Endknospen sind die auf der Spitze schon ausgebildeter Stengel auftretenden Knospen; sie nehmen bei vielen Pflanzen die Kraft so sehr in Anspruch, daß die Winkelknospen derselben nicht eher zur Entwicklung kommen, bis sie selbst zerstört oder doch in ihrer Vegetation gestört sind. Pflanzen dieser Art haben nur unverästelte Stengel oder Stämme.

2) Die Winkelknospen sind die gesetzmäßig in den Winkeln der Blätter sich entwickelnden Knospen, die nur selten die Entwicklung der Endknospen verhindern, häufiger aber in der Fortbildung dadurch beschränkt sind, daß sie in eine Blüthe oder in einen Dorn übergehen.

3) Die Nebenknospen sind die unregelmäßig an irgend einem anderen Theile der Pflanzen entstehenden Knospen.

§. 150. Nach den aus der Knospe sich entwickelnden Organen werden Blüthenknospen, Blattknospen und gemischte Knospen unterschieden. Der wichtigste Unterschied für die Vegetation ist aber der, ob sich die Knospen an der Mutterpflanze zu Zweig und Ast entwickeln oder ob sie natürlich sich von der Mutterpflanze trennen und zu einer selbstständigen Pflanze werden, in welchem Fall sie Brutknospen heißen. Je nachdem die Knospen nur die Anlage zu einem Stengel und seinen Blättern enthalten oder auch die schon ausgebildeten Winkelknospen dieser Blätter einschließen, werden sie in einfache und in zusammengesetzte Knospen unterschieden. Die Brutknospen können End-, Winkel- oder Nebenknospen sein; sind es gewöhnliche Nebenknospen von Seitenzweigen mit sehr langen fadenförmigen Stengelgliedern, welche sich gleichzeitig mit der Mutterpflanze entwickeln und durch Absterben der Stengelglieder von ihr getrennt werden, so heißen sie Ausläufer; sind sie jedoch von der gewöhnlichen Form der Knospe wesentlich verschieden, indem der eine oder andere Theil derselben auffallend fleischig entwickelt ist und in seinen Zellen den Nahrungsstoff enthält, auf dessen Kosten die Knospe beim Beginn der nächsten Vegetationsperiode Nebenwurzeln entwickelt, bis sie durch dieselben in Stand gesetzt wird, sich aus dem Boden zu ernähren, so erhalten sie besondere Namen, nemlich:

I. Bei fleischiger Entwicklung der Blätter und Verkümmerung der Stengelanlage und zwar:
  A. bei Beibehaltung der Knospenform in dem entstehenden Stamm den Namen Zwiebel, welche
    1) wenn sie nur aus einem fleischig verdickten Blatte besteht, eine dichte Zwiebel und
    2) wenn sie aus mehreren besteht, eine blättrige Zwiebel und zwar bei scheidenförmig stengelumfassenden Blättern eine schalige Zwiebel und bei verhältnißmäßig kurzen und schmalen Blättern eine schuppige Zwiebel heißt;
  B. bei einer von der Knospenform abweichenden Stammform den Namen Zwiebelknospen;

II. bei fleischiger Verdickung des Stengeltheils der Knospe, bei mehr oder weniger auffallenden Verkümmern oder Fehlschlagen der Blätter den Namen Knollen, bei denen die Winkelknospen der unentwickelten Blätter Auge genannt werden; und

III. bei fleischiger Entwicklung nur des unteren Theiles der Stengelanlage zwischen Knospe und Mutterpflanze den Namen Scheinknollen, wenn es End- oder Winkelknospen sind, oder Knollenknospen, wenn es Nebenknospen sind.

§. 151. Bei allen Knospen, besonders aber bei den Blüthenknospen ist noch die Lage der einzelnen Blattorgane für sich und unter einander in Betracht zu ziehen und man hat das Verhalten des einzelnen Blattes für sich oder die sog. Blattlage von dem Verhalten der Blätter unter einander und für letzteres dann noch die Lage der Blätter eines Blattwirtels zu einander, als sog. Knospenlage von der Stellung zweier Blattwirtel

zu einander als **Wirtellage** zu unterscheiden. Die verschiedenen Lagen der Theile in der Knospe sind zwar noch wenig untersucht und viele einzelne Verhältnisse sind nur von untergeordnetem Werth, jedoch ist für die drei angedeuteten Lagen von allgemeinerer Bedeutung:

A. bei der **Blattlage** ist

a. das Blatt der Länge nach zusammengebogen, wobei einfache und mehrfache Biegungen und zwar scharfe (Falten) oder runde (Aufrollungen) vorkommen und in beiden Fällen die Biegungen nach hinten oder nach vorn gehen können,

b. das Blatt der Quere nach zusammengebogen, wobei die Biegung vorwärts oder rückwärts statt finden oder auch das Blatt von der Spitze hin bis zum Grund eingerollt sein kann;

c. das Blatt scheinbar regellos runzlich zusammengepreßt.

B. Bei der **Knospenlage**. Da die Blätter eines Wirtels immer entfernt von einander entstehen, so muß bei der allmähligen Entwicklung und seitlichen Ausbreitung derselben immer ein Zeitpunkt eintreten, in welchem sie sich nur an ihren Rändern berühren, was die allgemeinnothwendige und ursprüngliche Knospenlage ist; durch die weiter fortschreitende Entwicklung der Blätter werden aber die Ränder derselben in bestimmter Weise über einander geschoben, wodurch unzählige Knospenlagen entstehen, von denen nur von allgemeiner Wichtigkeit sind

a. die **klappige Knospenlage**, wenn sich die Blätter nur mit den Rändern berühren,

b. die **dachige Knospenlage**, wenn jedes Blatt an dem einen Rand vom vorhergehenden bedeckt wird und mit dem anderen Rande das folgende deckt (da bei kegelförmiger Knospe der deckende Rand unbedingt eine Spirale bilden muß, so wird diese Lage auch die **gedrehte Knospenlage** genannt), und

c. die **fünfschichtige Knospenlage**, wenn in einem fünfblättrigen Wirtel bei zwei Blättern beide Ränder gedeckt und bei zwei anderen frei sind und das fünfte Blatt so dazwischen geschoben ist, daß der eine Rand frei, der andere gedeckt erscheint.

C. Die **Wirtellage** ist entweder eine **abwechselnde**, wenn die Blätter des einen Wirtels vor den Zwischenräumen des anderen stehen, oder eine **gegenüberstehende**, wenn die Theile des einen Wirtels vor den Theilen des anderen stehen.

Verschiedene Entwicklungsreihen der Angiospermen.

§. 152. Die Angiospermen sind die höchste Entwicklungsstufe der Pflanzen und die Charakterpflanzen der jetzt auf der Erde vorhandenen Vegetation, zerfallen aber nach der Zahl ihrer Keimblätter (vergl. §. 145) in zwei gleichlaufende Entwicklungsreihen, in die Monokotyledonen und in die Dikotyledonen, die jedoch nicht einander unter-, sondern nur neben-

geordnet werden können, denn beide gehen von gleich einfachen Bildungen aus und durchlaufen analoge Entwicklungsformen. Auf der untersten Stufe beider Reihen sind die Geschlechtsorgane an der Pflanze zerstreut als eingeschlechtige, oder vereinigt als Zwitterblüthen, aber ohne Hinzutreten einer Blumenbildung, und die Pflanzen dieser Stufe heißen Blumenlose, während auf der zweiten Stufe zu den Geschlechtsorganen auch die Blume hinzutritt und die Blumen bildenden Pflanzen darstellen; auf der dritten Stufe endlich vereinigen sich eine größere Zahl individuell vollkommener Blumen zu einer höheren Einheit, indem sie von einer Blüthenscheide oder Hülle umschlossen in eine enge morphologische und oft selbst physiologische Beziehung zu einander treten; die Pflanzen dieser Entwicklungsstufe werden die Zusammengesetztblüthigen genannt.

Erste Entwicklungsreihe.

Einsamenlappige Pflanzen. Monokotyledonen.

§. 153. Die Stämme haben meist unentwickelte Stengelglieder, die Stengel dagegen entwickelte und gewöhnlich mit ausgezeichneter Knotenbildung; sehr häufig finden sich unterirdische Stämme mit unentwickelten Stengelgliedern und in Form von Zwiebeln oder Knollen, die oberirdischen Stengel mit entwickelten Stengelgliedern. Die zuerst beim Keimen auf einander folgenden Stengelglieder werden gewöhnlich immer mehr scheibenförmig ausgedehnt, bis ein hinreichend breiter Grund für den Stengel oder Stamm, der von da an cylindrisch in die Höhe steigt, gebildet ist. Die Gefäßbündel sind ausschließlich geschlossen und es findet, da die meisten Monokotyledonen keinen Kreis von Bildungsgewebe im Umfange des Stengels oder Stammes haben, bei den meisten auch keine Verdickung des Stengels oder Stammes und keine Holzbildung statt. Auch bilden die meist sehr zahlreichen Gefäßbündel niemals einen einfachen geschlossenen Kreis, sondern stehen unregelmäßig zerstreut entweder in der Mitte einen leeren Raum lassend, so daß der Stengel durch Bildung einer Luftlücke hohl zu werden pflegt, oder nach Innen weitläufiger und nach Außen gedrängter stehend; sie machen in ihrem senkrechten Verlauf in den Stämmen mit unentwickelten Stengelgliedern gewöhnlich einen nach Innen gezogenen Bogen, so daß sie in ihrem oberen Ende die nach Außen liegenden Gefäßbündel kreuzen, um in ein Blatt überzugehen. Die Winkelknospen entwickeln sich nicht nur bei verhältnißmäßig wenigen Monokotyledonen zu Zweigen, sondern fallen häufig als Brutknospen ab, und bei den Stämmen trifft eine Entwicklung der Winkelknospen zu Zweigen und Aesten gewöhnlich mit dem Vorhandensein eines Kreises von Bildungsgewebe und daher mit einer fortwährenden, wenn auch langsamen Verdickung des Stammes zusammen. Die hier durch den Kreis von Bildungsgewebe angedeutete Trennung des inneren und äußeren Gewebes entspricht nicht der ähnlichen Trennung bei den Dikotyledonen in Holz und Rinde, weßhalb auch keine ächte Rindenbildung statt findet. Das ursprüngliche Würzelchen des

Keims entwickelt sich entweder gar nicht oder stirbt bald ab, weßhalb alle Monokotyledonen sich durch die fast ohne Ausnahme dicht unter dem Knoten hervorbrechenden Nebenwurzeln ernähren.

§. 154. Die Blätter der Monokotyledonen sind meist lang und schmal, selten zertheilt, aber niemals zusammengesetzt, bestehen zum Theil nur aus der einfachen Scheibe, selten aus Scheibe und Scheide, zuweilen aus sehr deutlich getrennter Scheide, Blattstiel und Scheibe, sind meist stengelumfassend, seltner zerstreut, ohne stengelumfassend zu sein, noch seltner wirtelständig und bei einigen Gruppen außerordentlich dick, fleischig und oft seltsam geformt. Ranken und reine Nebenblätter kommen nie vor, jedoch sind Nebenblattbildungen häufig. Die Gefäßbündel oder Nerven verlaufen entweder gerade oder in einfachen Bogen parallel und die Verbindungsäste gehen rechtwinklig ab, jedoch sind die Nerven selten so verästelt, daß sie ein Netz mit vieleckigen Maschen bilden.

§. 155. Die Blüthen der Monokotyledonen erscheinen bald allein als Fortpflanzungsorgane, bald von einer Blumenbildung umgeben; in den meisten Fällen ist die Zahl der einzelnen zu einer Blüthe zusammentretenden Organe durch 3, selten durch 4, niemals aber durch 5 theilbar. Die Blume besteht entweder aus einer Blüthenhülle, oder aus Kelch und Krone, seltner aus Außenkelch, Kelch und Blumenkrone und nur in seltenen Fällen kommen Nebenkronen oder Nebenstaubfäden vor. Die einzelnen Blüthenblätter sind frei oder verwachsen; auch kommen Verwachsungen unter verschiedenen Wirteln und namentlich zwischen den Wirteln der Blume und der Staubblätter vor; niemals findet sich eine ächte Scheibenbildung. Der Fruchtknoten ist ober- oder unterständig und im letzteren Fall sind Stempelmündung und Staubweg von Fruchthältern oder ein Stengelstaubweg mit verkümmerten Fruchtblättern als Stempelmündung gebildet; alle diese Theile zeigen wie die Staubblätter die mannichfaltigsten Formen. Die geraden, umgekehrten, gebogenen, selten halb umgekehrten oder gekrümmten Samenknospen haben ohne Ausnahme eine doppelte Knospenhülle.

§. 156. Die Früchte der Monokotyledonen kommen in allen §. 144 angegebenen Formen vor. Die Samen haben häufig einen Samenmantel oder ein Deckelchen und der Eiweißkörper derselben ist fast immer Inneneiweiß. Die Keime bestehen einfach aus dem eirunden Hauptkörper der Pflanze oder sie besitzen ein Keimblatt und sind dadurch in Würzelchen und Knöspchen getheilt, haben aber auch nach der verschiedenen und häufig übermäßigen Entwicklung einzelner Theile, besonders des Würzelchens und Keimblattes, außerordentlich verschiedene Formen.

Zweite Entwicklungsreihe.

Zweisamenlappige Pflanzen. Dikotyledonen.

§. 157. Die Stengel und Stämme kommen mit entwickelten und, jedoch und besonders bei den Stämmen seltner, unentwickelten Stengelgliedern vor; Knollenbildungen sind bei den unterirdischen Stämmen häufig,

während ächte Zwiebeln gar nicht vorkommen. Die durchaus ungeschlossenen Gefäßbündel stehen meist in einem einfachen Kreis, selten zerstreut und im ersteren Falle ist das Bildungsgewebe sämmtlicher, im letzteren Fall nur das der äußersten Gefäßbündel zu einem im Umfang des Stengels oder Stammes liegenden geschlossenen Kreis verbunden, wodurch die Grenze zwischen dem äußeren Theil, der Rinde (vergl. darüber §. 161 ff.) und dem inneren Theil bestimmt wird, der wiederum in die Gefäßbündel oder die Markkrone nebst dem Holze (vergl. §. 158 ff.) und in das Füllgewebe oder sog. Mark zerfällt. Da sich oft das Mark oder die Rinde ganz oder theilweise übermäßig stark entwickeln, so werden dadurch sehr abweichende Formen des Stengels und Stammes gebildet. Durch die Gegenwart eines Kreises von Bildungsgewebe in dem Umfang der Stengel oder Stämme aller Dikotyledonen wird eine die Lebenszeit hindurch andauernde Verdickung dieser Theile veranlaßt. Unverästelte Stämme sind im Ganzen sehr selten. Wegen einiger besonderer hierbei auftretender Verhältnisse müssen das Holz und die Rinde der Dikotyledonen in nachfolgenden Paragraphen eines Weiteren erörtert werden.

§. 158. Die einzelnen Gefäßbündel des Holzes sind ursprünglich durch verhältnißmäßig bedeutende Mengen des Füllgewebes von einander getrennt; bei ihrer weiteren Fortentwicklung dehnen sie sich aber auch immer mehr in die Breite aus, so daß endlich das Füllgewebe auf verhältnißmäßig äußerst schmale Streifen zwischen den nunmehr an die Stelle der Gefäßbündel tretenden Holzbündeln beschränkt wird. Diese Zellgewebsstreifen verlaufen horizontal vom Mittelpunkt des Stammes zum Umfang und heißen Markstrahlen; die Zellen derselben sind gewöhnlich etwas von Innen nach Außen in die Länge gestreckt und zwischen ihnen kommen Harzbehälter und Gänge, aber äußerst selten Gefäße vor. Obgleich die aus dem Bildungsgewebe entstandenen neuen Zellen meist die Form der älteren, an welche sie sich anlegen, annehmen, so kommt es bei der Fortbildung des Holzes doch häufig vor, daß einzelne, nach Innen an die Holzzellen sich anlegende Zellen die Form der Markstrahlenzellen annehmen und, da diese Bildung bald längere bald kürzere Zeit dauert, zum Entstehen neuer Markstrahlen Veranlassung geben, die zum Unterschied kleine Markstrahlen genannt werden, ein Unterschied, der aber für das weiter entwickelte Holz im Ganzen ohne Bedeutung ist, während man bei den meisten Hölzern die Markstrahlen ohne Rücksicht auf ihre Entstehung, aber in Betracht ihrer Bildung aus einer oder mehreren Zellenlagen nach der Breite in kleinere und größere unterscheiden kann; die ersteren pflegen sich dann nach Außen hin bald wieder auszukeilen, die größeren aber das Holz auf längere Strecken zu durchsetzen. Die Markstrahlen füllen die langen schmalen, beiderseits zugespitzten Maschen aus, welche in dem Netz enthalten sind, das durch die der Länge nach nicht gerade, sondern geschlängelt verlaufenden und sich abwechselnd seitlich an einander legenden und von einander wieder entfernenden Gefäßbündel und Holzbündel gebildet wird. Durch die Längenstreckung der Holzzellen und das Zwischeneinanderschieben derselben an ihren Enden wird es erklärlich, weßhalb sich das Holz wohl der Länge, aber nicht der Quere nach spalten läßt; jedoch weichen aber auch diese Holzbündel, die man auch Holzfasern nennen kann, nicht

selten noch im Großen von ihrem senkrechten Verlauf ab, indem sie größere Schlangenwindungen machen oder in schiefer Richtung, also spiralig um den Stamm verlaufen; ist dieser Faserverlauf in den einzelnen Lagen von Innen nach Außen nicht gleichartig und stellen sich sogar, wie es zuweilen der Fall ist, Kreuzungen derselben in bedeutenden Winkeln ein, so wird auch dadurch die Spaltbarkeit des Holzes in der Längenrichtung aufgehoben.

§. 159. Das Holz kann sich nur dann gleichartig fortentwickeln, wenn die klimatischen Verhältnisse das Jahr hindurch sich gleich bleiben; je verschiedenartiger aber die Jahreszeiten, um so verschiedenartiger ist auch das unter ihren Einflüssen gebildete Holz und am auffallendsten tritt diese Verschiedenartigkeit ein, wenn zu einer Jahreszeit wegen zu großer Trockenheit oder, wie bei uns, wegen zu niedriger Temperatur die Vegetation vollständig gehemmt wird. Beim Wiederbeginn der Vegetation entsteht ein Holz, welches sich von dem während dem Ende der vorigen Vegetationsperiode gebildeten wesentlich unterscheidet; bei uns bilden sich im Frühjahr mehr Gefäße, und weitere und dünnwandigere Holzzellen, dagegen im Herbst weniger Gefäße und kleinere dickwandigere Holzzellen, welche sich auf dem Querschnitt des Holzes als concentrische Kreise, die von beiden Seiten mit Gewebe belegt sind, durch die verschiedene Lichtreflexion des letzteren, schon von dem bloßen Auge wahrnehmen lassen und **Jahresringe** genannt werden. Durch die größere oder geringere Deutlichkeit oder durch das Fehlen derselben läßt sich mit Bestimmtheit das Klima ermitteln, in welchem der Baum gewachsen ist.

§. 160. Das Holz verändert sich von Innen her je nach den verschiedenen Pflanzenarten bald früher bald später; es wird dunkler, ja zuweilen schwarz, wasserleerer und, ohne daß die Zellen sichtbar verdickt werden, härter; dieser innere Theil wird im Gegensatz zu dem jüngeren äußeren, welches **Splint** heißt, **Kernholz** genannt. Uebrigens ist die Wandung der Holzzellen selten und die im Kernholz nie ganz farblos, sondern gelb, roth, grün oder braun gefärbt, was meist von harzigen Farbstoffen abhängig ist, welche jedoch nicht allein als Zelleninhalt auftreten, sondern auch die Zellenwand selbst durchdringen und ihr Farbe ertheilen.

§. 161. Die **einjährige Rinde** besteht in wenigen Fällen nur aus Füllgewebe, welches mit der Oberhaut bedeckt ist und in der Nähe derselben kleinere dichtere Zellen zeigt; in den meisten Fällen läßt sie sich in drei wesentlich verschiedene Elemente, zu denen dann noch die Oberhaut als viertes kommt, deutlich unterscheiden, nemlich

1) in die **äußere Rindenschicht**, welche dicht unter der Oberhaut liegt; die Zellen dieser Schicht zeigen gewöhnlich mehr oder weniger deutlich folgende Charaktere: sie sind in die Länge etwas mehr als das übrige Zellengewebe gestreckt; ihre Wände sind ohne erkennbare Schichten stark verdickt; die Grenzlinie zwischen zwei Zellen ist undeutlich; die Zwischenzellengänge fehlen oder sind mit Zwischenzellensubstanz ausgefüllt. Diese ganze Schicht ist bald dicker bald dünner, bald hört sie nach Innen zu plötzlich auf, bald geht sie allmählig

2) in die **innere Rindenschicht** über, welche aus ziemlich lockeren, manche Verschiedenheiten des Umrisses, der Verdickung und des Inhalts zeigenden Zellen mit lufterfüllten Zwischenzellengängen besteht, und

3) in die Bastschicht, welche aus Bastzellen besteht, die jedoch nicht ein zusammenhängendes Gewebe bilden, sondern im günstigsten Fall in kleinere oder größere Bündel zusammentreten, die überall von einem der inneren Rindenschicht ähnlichen Zellgewebe umgeben sind. Diese Bastbündel oder Bastzellen bilden abgesehen von dem sie trennenden Zellgewebe, auf dem Querschnitt Dreiecke, deren Spitze in die innere Rindenschicht hineinragt und deren Grundgewebe an das Bildungsgewebe stößt, welche Anordnung eine nothwendige Folge der allmähligen Entwicklung der Rinde vom Bildungsgewebe her bei gleichzeitiger Verdickung des Stengels ist. Die einzelnen Dreiecke werden durch umgekehrt liegende Dreiecke der inneren Rindenschicht getrennt und die nach Innen liegenden Spitzen der letzteren sind, abgesehen vom Bildungsgewebe, die unmittelbaren Fortsetzungen der größeren Markstrahlen des Holzes.

§. 162. Bei der weiteren Fortentwicklung bilden sich vom Bildungsgewebe ununterbrochen neue Bastbündel mit dem sie umgebenden Zellgewebe, auf welche Weise die Rinde im Verlauf der Jahre sich fast eben so regelmäßig wie das Holz verdickt. Sie bildet nun die mehrjährige Rinde, die sich von der einjährigen nicht allein durch die Dicke, sondern auch durch neu auftretende Gewebe unterscheidet. Bei den meisten Rinden tritt fast ohne Ausnahme schon am Ende des ersten Jahres, bei anderen auch später und zwar durchschnittlich um so später, je schärfer die äußere Rindenschicht ausgeprägt ist, ein ganz neues Gewebe an die Stelle der Oberhaut; dieses Gewebe besteht aus durchschnittlich dünnwandigen, tafelförmigen, sehr bald saftlos und braun werdenden Zellen, die sich an der inneren Seite dieser Schicht fortwährend vermehren und so die sog. Korkschicht bilden, welche bei den meisten Pflanzen das Eigenthümliche hat, daß in ihr ganz bestimmt, jedoch nach den Pflanzenarten verschieden verlaufende Zellen schnell absterbender und dann leicht zerreißender Zellen vorkommen, wodurch sich die Korkschicht fortwährend in bestimmt gestalteten Lappen oder Blättern abblättert und so abgeworfen wird. Bei vielen Pflanzen entsteht aber auch aus dem Bildungsgewebe abwechselnd mit den Bastlagen ein der Korkschicht ganz ähnliches Zellgewebe, welches wegen des verschiedenen Ursprungs zum Unterschied von jener die Borkenschicht genannt wird. Blättert diese sich ab, so übt das einen ganz wesentlich verändernden Einfluß auf die ganze Rinde aus, indem nemlich Alles, was außerhalb ihrer liegt, also Korkschicht, äußere und innere Rindenschicht und der äußere Theil der Bastschicht, mit abfällt; diese Theile können sich dann nicht mehr neu bilden und wo Borkenschichten sich entwickeln, da besteht die ganze Rinde ausschließlich nur aus diesen und den inneren Bastlagen. Da die Zellen der Kork- und Borkenschicht schnell saftlos werden und dann nicht mit der Verdickung des Stammes durch Ausdehnung gleichen Schritt halten können, so reißen sie häufig der Länge und Quere nach ein; der Verlauf der entstehenden Risse hängt von der Form und der mehr oder minder regelmäßigen Anordnung der Zellen ab und wird dadurch oft ein sehr bezeichnendes Merkmal für die Unterscheidung.

§. 163. Mitunter treten in der Rinde statt der Bastzellen Milchsaftgefäße oder eigenthümliche Mittelsformen zwischen diesen und den Bastzellen, zuweilen sogar bloße Milchsaftbehälter auf. Milchsaftgefäße kommen

übrigens auch häufig außerhalb des Bastes in der inneren Rindenschicht vor, so wie auch Harzgänge und Harzbehälter nicht selten und letztere namentlich bis in die Spitzen der Dreiecke der inneren Rindenschicht zu finden sind.

§. 164. Das ursprüngliche Würzelchen des Keims bei den Dikotyledonen entwickelt sich fast immer; nur in wenigen Fällen stirbt es wieder ab, wo dann die Pflanze nur durch Vermittlung der Nebenwurzeln aus dem Boden die Nahrung ziehen kann. Diese Nebenwurzeln treten dagegen ganz regelmäßig als Verästelungen der Hauptwurzel auf, die in ihrer Entwicklung und Verästelung gleichen Schritt mit der Entwicklung des Stammes hält und dadurch befähigt wird, wie dieser Nebenknospen oder sog. Wurzelschößlinge zu entwickeln. Bei einigen Pflanzen sterben alljährlich die Stengel ab, so daß nur ein kurzer Stamm in Verbindung mit der Hauptwurzel lebendig zurückbleibt, was als Ganzes der Mittelstock genannt wird.

§. 165. Die Blätter der Dikotyledonen zeigen einen überaus großen Formenreichthum; häufig kommen einfach und mehrfach zusammengesetzte Blätter vor. Eben so sind die Nebenblattbildungen sehr mannichfaltig und finden sich insbesonders häufig als reine Nebenblätter; auch Umbildungen der Blätter in Ranken und Dornen kommen vor; sehr häufig sind die zerstreuten nicht stengelumfassenden und wirtelförmig gestellten Blätter. Die Blattnerven verlaufen äußerst selten parallel mit rechtwinkelig abgehenden Verbindungsästen und sind meist verästelt und zu einem Netz mit vielseitigen Maschen verbunden.

§. 166. Die Blüthen der Dikotyledonen zeigen wie die Blätter den größten Formenreichthum und eine außerordentliche Mannichfaltigkeit in den Zahlen- und Stellungsverhältnissen, wozu noch die vielfachen Verwachsungen und das häufige Fehlschlagen aller Art kommt. In Bezug auf die Zahlenverhältnisse ist besonders hervorzuheben, daß die Zahl der Blüthentheile überwiegend häufig durch 5 theilbar ist. Ferner tritt hier ein eigenthümliches, bei den Monokotyledonen nie vorkommendes Verhältniß ein, nemlich die Bildung einer ächten Scheibe, auf deren Rand und oberen Fläche dann die übrigen Blüthentheile befestigt sind. Nackte Fortpflanzungsorgane und Blüthenhüllen kommen seltner, Kelch und Krone am häufigsten vor, doch finden sich auch nicht selten Außenkelch, Nebenkrone und Nebenstaubfäden. Die Stempel und Samenknospen sind ebenfalls sehr mannichfaltig geformt. Der Fruchtknoten ist bald aus den Fruchtblättern, bald halb oder ganz aus dem Stengel, d. h. halb oder ganz unterständig entwickelt; auch der Staubweg und die Stempelmündung werden in einigen Fällen durch die Fortsetzung des unterständigen Fruchtknotens, d. h. durch den Stengel gebildet, aber bei weitem häufiger breitet sich dieser über den unterständigen Fruchtknoten noch weiter in eine oberständige Scheibe aus. Die Samenknospen kommen gerade und in verschiedenen Formen der Krümmung und als nackte Knospenkrone mit einer oder mit zwei Samenhüllen vor.

§. 167. Die Früchte und Samen der Dikotyledonen haben in Folge der verschiedenen Anlage und durch Begünstigung mannichfaltiger Entwicklung ebenfalls einen sehr großen Formenreichthum. Beim Samen

ist nur die Deckelbildung selten und der Keim zeigt eine bei weitem einförmigere Bildung als der der Monokotyledonen; abweichende Gestalten desselben in Folge übermäßiger Entwicklung einzelner Theile finden sich im Ganzen nur selten vor.

Vierter Haupttheil.

Vegetabilische Lebenslehre. Biologie.

§. 168. Die Biologie ist die Lehre von den Lebenserscheinungen der Pflanzen, während im Besonderen die Physiologie oder Organologie das Leben der Pflanze im normalen Zustand, die Pathologie hingegen das Leben der Pflanze im abnormalen Zustand betrachtet. Die Physiologie umfaßt nicht allein das Leben der einzelnen Pflanzenzelle, dessen Erscheinungen bereits in der Histiologie betrachtet worden sind (vergl. §§. 106 — 110), sondern auch und ganz besonders die Lehre von der Lebensthätigkeit der den Pflanzenorganismus constituirenden Gesammtheit der Pflanzenzellen. Die Pathologie zerfällt in die Teratologie oder in die Lehre von den Bildungsabweichungen und in die Nosologie oder in die Lehre von den Krankheiten der Pflanzen.

Erster Abschnitt.

Lebenslehre der Pflanzen im normalen Zustand. Physiologie oder Organologie.

§. 169. Die Physiologie oder Organologie sucht die Lehre von dem Leben der Pflanze und ihrer einzelnen Organe d. h. die Erscheinungen, durch welche sich die Pflanze als ein lebendes Wesen beurkundet, zu erklären, ist jedoch, wie überhaupt die Biologie, noch der am unvollkommensten ausgebildete Theil der allgemeinen Botanik, so daß es bis jetzt nur rathsam erscheint, die verschiedenen Erscheinungen der lebenden Pflanze anzugeben, ohne eine Erklärung versuchen zu wollen. Deßhalb ist es auch unpassend, die Organologie nach den einzelnen Organen abzuhandeln, vielmehr muß man diese Lehre jetzt noch nach den verschiedenen Lebenserscheinungen, wobei die allen Pflanzen gemeinsamen von denen nur an wenigen derselben bemerkbaren Erscheinungen zu trennen sind, auffassen, wonach die Organologie in zwei Abtheilungen zerfällt.

§. 170. Das Leben der Pflanze ist ein chemisch-physikalischer Proceß, das Resultat der Verrichtungen sämmtlicher Elementarorgane, aus denen die Pflanze besteht, Vorrichtungen, welche im zweiten Haupttheil unter den §§. 106—110 erörtert worden sind. Der chemische Proceß besteht in einem fortwährenden Stoffwechsel, der physikalische in einer fortwährenden

Bildung neuer Organe und den durch die chemische Thätigkeit der Zellen bereiteten assimilirten Stoffen. Die dem Gestaltungsproceß zu Grunde liegenden Ursachen und die Gesetze, nach denen er erfolgt, sind unbekannt und werden in ihrer Gesammtheit die Lebenskraft genannt, ein Ausdruck, der jedoch gar nichts erklärt.

§. 171. Der chemische wie der Gestaltungsproceß ist zu verschiedenen Zeiten des Pflanzenlebens ein verschiedener; beim Beginn des Pflanzenlebens treten beide Processe anders auf als gegen das Ende und sie erscheinen anders bei der Bildung der vegetativen als bei der der reproduktiven Organe, wonach man verschiedene Processe oder auch verschiedene Epochen im Pflanzenleben, nemlich den Keimungsproceß, den Ernährungsproceß, den Wachsthumsproceß und den Fortpflanzungsproceß unterscheiden, aber auch das All aller chemischen und physikalischen Processe im Pflanzenleben, den Tod der Pflanze, als einen besonderen Abschnitt betrachten muß.

§. 172. Die Pflanze ist unter allen Umständen von der umgebenden Natur abhängig; sie wurzelt gewöhnlich im Boden oder sie lebt auf und von anderen Pflanzen und überhaupt von organischen Körpern, mit denen sie durch Wurzeln oder Haftorgane verschiedener Art verbunden und an sie befestigt ist (wie die ächten Schmarotzerpfanzen); oder sie ist durch Haftorgane am Stamme, Felsen und andere feste Gegenstände befestigt und zieht ihre Nahrung lediglich aus der umgebenden Feuchtigkeit oder aus der atmosphärischen Luft (unächte Schmarotzerpflanzen); in anderen, aber wenigen Fällen ist sie nicht befestigt und liegt dann entweder, jedoch höchst selten frei und locker auf dem Boden, oder sie schwimmt in oder auf dem Wasser. Deßhalb ist die Pflanze fast durchgehends an die Stelle, wo sie zu leben begonnen, gebunden und von dieser abhängig, so wie aber auch die wenigen nicht befestigten Pflanzen doch von ihrer Umgebung abhängig sind, indem ihnen (mit Ausnahme der Bacillarien, welche trotz ihres Bewegungsvermögens sich nicht weit von dem Orte, an dem sie entstanden, entfernen oder gar das Wasser in dem sie leben, verlassen können) die selbstständige Bewegung abgeht.

§. 173. Da der Pflanze Alles, was sie zu ihrem Unterhalte bedarf, von Außen zugeführt wird, so ist es eine natürliche Folge, daß auch die chemisch-physikalischen Processe, in welchen das Pflanzenleben selbst besteht, von den chemischen und physikalischen Verhältnissen der Pflanzenumgebung abhängig sein müssen, was auch im hohen Grad der Fall ist. Wärme, Licht und Feuchtigkeit regen besonders die chemisch-physikalischen Processe in der Pflanze an und sind daher als die Hauptbedingungen des Pflanzenlebens zu betrachten. Da nun aber sowohl Wärme und Licht zu verschiedenen Zeiten des Tages und Jahres von sehr verschiedener Intensität sind und der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre und des Bodens, in und auf welcher die Pflanze lebt, zu verschiedenen Zeiten ein verschiedener ist, nach Verlauf eines bestimmten Zeitraumes aber die Intensitätsverhältnisse der Wärme und des Lichtes, so wie des Feuchtigkeitszustandes der Luft und des Bodens in einem gleichen oder doch annähernd gleichen Grad wieder hervortreten, so muß nicht allein die chemisch-physikalische Thätigkeit der Pflanze vielfache Modifikationen erleiden, sondern auch eine bestimmte Periodicität der chemischen und Gestaltungsprocesse erkennbar sein. Diese

Periodicität läßt sich insbesonders in höheren Breitegraden, wo eine gewisse Jahreszeit hindurch entweder die Temperatur durchgehends niedrig (wie bei uns) oder die Atmosphäre arm an Feuchtigkeit (wie in den Tropenländern) ist, bemerken, indem die meisten Bäume und Sträucher bei uns im Winter ihrer Blätter beraubt und scheinbar in Unthätigkeit sind (Winterschlaf), während in den tropischen Gegenden während der heißesten und trockensten Jahreszeit eine ähnliche Erscheinung, dort aber Sommerschlaf benannt, eintritt und im Frühling oder mit dem Eintritt feuchter Witterung die Knospen anschwellen, später bersten und endlich sich zu Blättern und Blüthen entwickeln, um zuletzt im Herbst oder beim Eintritt der trocknen Jahreszeit zu welken oder zu reifen und endlich abzufallen (welche Zeit der Entwicklung und Reifung auch die Vegetationsperiode genannt wird), dagegen unter dem Aequator, wo durch das ganze Jahr hindurch fast ganz dieselben Wärme-, Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse stattfinden und folglich kein sehr bemerkbarer Wechsel der Jahreszeiten eintritt, auch keine streng ausgedrückte Periodicität des Lebens der Pflanzenwelt zu bemerken ist, vielmehr die Bäume und Sträucher fortwährend zugleich grünen, blühen und Früchte tragen, also der Ernährungs-, Wachsthums- und Fortpflanzungsproceß ununterbrochen fortgeht. Auch der Wechsel von Licht und Dunkel scheint eine ähnliche, wenn auch nicht so auffallende Periodicität in dem Pflanzenleben zu veranlassen, da hiervon wahrscheinlich der sog. Schlaf der Blumen und Blätter abhängig ist, und es ist gewiß, daß die grünen Theile der Pflanzen während der Tageszeit Sauerstoffgas, während der Nacht aber Kohlensäure aushauchen, also zu diesen verschiedenen Zeiten verschiedene chemische Processe stattfinden.

Erste Abtheilung.

Allgemeine Erscheinungen im Leben der Pflanze.

A. Der Keimungsprozeß.

§. 174. Das Keimen hat bei den Kryptogamen und Phanerogamen eine sehr verschiedene Bedeutung. Bei den Kryptogamen umfaßt es die Entwicklung einer einzelnen Zelle, der Spore, bis zur vollständigen neuen Pflanze und hat in seinen frühesten Abschnitten häufig die größte Aehnlichkeit mit dem Verhalten des Pollenkorns auf dem Knospenmund oder der Stempelmündung, während es bei den Phanerogamen nur die wiederbeginnende Entwicklung einer schon vollständig im Kleinen angelegten Pflanze, des Keims, bedeutet. Ueber die beim Keimen der Kryptogame vorgehenden Processe ist noch gar Nichts, über die der Phanerogamen nur Weniges bekannt, was in nachfolgenden §§. besprochen wird.

§. 175. Die Bedingungen des Keimens sind theils äußere physikalischer, theils innere chemischer und physiologischer Natur. Die äußeren physikalischen Bedingungen sind Wasser, atmosphärische Luft, Wärme, Licht und vielleicht auch Electricität in bestimmte Verhältnisse, so wie auch ein Medium, in oder auf welcher die neu entstehende Pflanze lebt und das

der Eigenthümlichkeit der Pflanze entspricht. Die inneren Bedingungen des Keimens bestehen in der unerklärbaren Lebensfähigkeit des Samens und in dem Vorhandensein derjenigen assimilirten Stoffe, welche durch die Einwirkung von Wärme, Feuchtigkeit u. s. w. in die Zersetzung übergeführt und in andere Stoffe verwandelt werden, wobei durch den chemischen Proceß auch ein physiologischer hervortritt, welcher die Ausdehnung der Zellen des Embryo's und die Neubildung von Zellen im Inneren der vorhandenen veranlaßt oder die schlummernde Thätigkeit der Zellen des Embryo's und des Samens von Neuem in's Leben ruft. In den Samen finden sich häufig die assimilirten, in diese Zersetzung übergehenden Stoffe, unter welchen insbesonders das Stärkmehl und die fetten Oele eine Hauptrolle zu haben scheinen, nur dann in der gehörigen Menge, wenn sie den Zustand erreicht haben, den man als die Reife der Samen bezeichnet; da nun auch die Lebensfähigkeit bei diesem Zustand besonders leicht hervorzurufen ist, so sind im gewöhnlichen Leben die Begriffe reif und keimfähig identisch, obgleich viele Fälle vorhanden sind, daß Samen mit unvollkommenen Mengen assimilirter Stoffe, ja selbst noch vollkommen grüne oder weiße Samen keimfähig sind. Nach Cohn soll sogar in der Mehrzahl die Keimfähigkeit der Samen nicht mit deren Reife zusammenfallen, sondern dieser vorausgehen und jene selbst durchgehends dann eintreten, wenn der Embryo den Keimsack zum größten Theil ausfüllt und das Eiweiß entweder gänzlich resorbirt oder, wie bei den Samen mit Eiweißkörper im reifen Zustand, einigermaßen erhärtet ist. — Die Mehrzahl der Samen keimen bei einer mittleren Temperatur (10 bis 15° C.); für den Feuchtigkeitszustand der Umgebung scheint kein bestimmtes Verhältniß erforderlich, dagegen die gleichzeitige Gegenwart von Kohlensäure nothwendig zu sein. Obgleich die Samen von der Erde bedeckt, also im Dunkeln keimen, so scheint doch ein gewisser, wenn auch ein sehr gemäßigter Grad von Licht erforderlich zu sein, da die im Dunkeln sich entwickelnden Keime stets nach lichten Stellen hintreiben. Auch ein gewisser Grad von Elektricität scheint nicht ohne Einfluß auf den Keimungsproceß zu sein, wie die Versuche von H. Davy und E. Solly gezeigt haben; wenigstens kann man mit Gewißheit annehmen, daß diese Naturkraft bei schwacher Thätigkeit nicht von Nachtheil ist, da bei der Verschiedenartigkeit der Zusammensetzung der pflanzentragenden Erdoberfläche und bei der Abwechslung von Befeuchtung, Erwärmung u. s. w. derselben stets schwache Elektricitätserregungen stattfinden.

Eine eigenthümliche Wirkung auf den Keimungsproceß äußern die sog. Salzzeuger, das Chlor, Brom und Jod, in ihren sehr wässerigen Lösungen, indem sie die Keimkraft der Samen in weit kürzerer Zeit hervorrufen als dieses unter den gewöhnlichen Umständen geschieht.

§. 176. So wie das Keimen der Samen eintritt, zeigt sich ein Aufquellen der Samenschalen oder (bei den Schließfrüchten) der Fruchtschale, was in Folge des endosmotisch eindringenden (kohlensäurehaltigen) Wassers in die Zellen des Perisperms veranlaßt wird; bald darauf dehnen sich auch die Zellen des Embryo's und zwar die des Würzelchens zuerst aus, wodurch dieses verlängert wird und die Samenhülle in Folge der Vergröße-

rung des Embryo's zerberstet; aus jener bringt das Würzelchen durch den Knospenmund und senkt sich in den Boden. In diesem Zeitpunkt verlängert sich auch die Stengelknospe zum Federchen, wobei, wenn eine Krümmung der Axe stattfand, diese durch Emporrichtung des Embryo's ausgeglichen wird. Bei den Dikotyledonen dehnen sich nun die Samenlappen, deren Gehalt an assimilirten Stoffen für die erste Ernährung der jungen Pflanze dient, aus, sprengen die Samendecken vollständig und bahnen dem jungen Pflänzchen den Weg zum Licht; wo Eiweiß vorhanden, vergrößern sich durch Aufsaugung desselben die Samenlappen oft so bedeutend innerhalb der Samenhülle, daß sie dieselbe gänzlich einnehmen. Bei den Monokotyledonen bleibt der obere und größte, nur zur Aufsaugung der Nahrungsstoffe aus dem Sameneiweiß dienende Theil der Samenlappen unter bedeutender Ausdehnung seines unteren Theiles, wodurch das Federchen seitwärts oder nach unten zu aus der Samenhülle geschoben wird, in dieser zurück, was in ähnlicher Weise auch zuweilen bei den Dikotyledonen vorkommt, indem auch hier die Spitzen der Keimblätter in der Samenhülle zurückbleiben. Die Ursache der Richtung, in welcher die aus den Samen hervortretende Keimpflanze wächst, ist bis jetzt noch ganz unbekannt; man hat verschiedene Erklärungen versucht, die sich jedoch ungenügend erwiesen haben.

§. 177. Auch über die Natur der beim Keimen des Samens innerhalb derselben vor sich gehenden chemischen und physiologischen Processe weiß man bis jetzt nichts und hat nur Vermuthungen aufstellen können. Es ist jedoch so viel gewiß, daß im Beginn des Keimungsprocesses des Samens die assimilirten Stoffe, besonders das Stärkmehl und das fette Oel, in den Zellen des Embryo's aufgelöst werden, um die Zellen wieder mit einem flüchtigen Inhalt zu versehen und dadurch eine raschere chemische Thätigkeit in denselben hervorzurufen, die durch das Vertrocknen der Samen beim Reifen unterbrochen wurde. Durch das eindringende kohlensäurehaltige Wasser werden die assimilirten Stoffe, das Stärkmehl, das fette Oel rc. unter Mitwirkung der Wärme, des Lichtes u. s. w. und durch die Gegenwart des atmosphärischen Sauerstoffes zersetzt, der Kohlenstoff zu entweichender Kohlensäure, der Wasserstoff zu Wasser oxydirt. Da nun hierdurch die Zellen wieder mit Flüssigkeit erfüllt werden und in Folge der Oxydationsprocesse eine höhere Temperatur vorhanden ist, so findet in Folge der Contactwirkung (vergl. Bd. 2. Abth. 1. S. 33) der gleichzeitig mit den assimilirten Stoffen erzeugten Proteïnverbindung eine Umwandlung jener in Protoplasma, Gummi, Dextrin und Zucker statt, der wiederum durch das später in Auflösung und Zersetzung kommende Eiweiß in die Weingährung übergeführt wird und so die Ursache einer neuen Entwicklung von Kohlensäure ist. Das in Lösung übergeführte Eiweiß dient zum Theil als Nahrungsstoff für den Embryo; fehlt es jedoch in den Samen, wie z. B. bei den Leguminosen, so übernehmen die Samenlappen die Funktion desselben, indem die in großer Menge in ihnen enthaltenen assimilirten Stoffe verflüchtigt und zur Nahrung für den Embryo verwendet werden. Sind die im Eiweiß oder in den Samenlappen enthaltenen Nahrungsstoffe verzehrt, so werden der Keimpflanze aus der atmosphärischen Luft Nahrungsstoffe zugeführt, bis die Wurzel und die ersten Blätter so weit ausgebildet sind, daß sich die Pflanze selbst ernähren kann.

B. Der Wachsthumsproceß.

§. 178. Unter dem allgemeinen Ausdruck Wachsen der Pflanzen versteht man die Vergrößerung des Umfangs und der Masse derselben, während es im engeren Sinn die Bildung neuer Zellen in sich begreift, wovon aber bereits in dem histologischen Theil gesprochen ist. Das Wachsen im Allgemeinen beruht auf drei verschiedenen Processen, nemlich

1) auf der Vermehrung der Zellen durch Bildung neuer Zellen,
2) auf der Vergrößerung der Zellen durch ihre Ausdehnung, und
3) auf der Verdickung der Zellenwände durch die Ablagerung neuer Schichten oder auf der sog. Verholzung,

welche drei Processe in sehr verschiedener Weise an der Ausbildung des pflanzlichen Organismus Theil nehmen, indem das Wachsen entweder bloß in der Vergrößerung der von vornherein angelegten Zellen besteht oder darauf beruht, daß sich neue Zellen im Inneren bereits vorhandener bilden und durch Resorption der Mutterzellen frei werden.

§. 179. Das Wachsen der Pflanzen ist von Licht, Wärme und Feuchtigkeit abhängig; es zeigt sich kräftiger am Tag als bei Nacht und mehr in den Vormittags- als in den Nachmittagsstunden, stärker bei erhöhter Temperatur und feuchtem Zustand der Atmosphäre (und des Bodens) als bei kalter und trockner Witterung; auch die Electricität zeigt Einfluß auf das Wachsthum, da bekanntlich die Pflanzen im Frühjahr nach Gewittern viel kräftiger vegetiren und schon nach wenigen Stunden eine bedeutende Zunahme der Masse erkennen lassen.

Das Wachsen der Pflanzen findet aber auch nicht gleichzeitig an allen, sondern nur an gewissen Punkten statt, wie schon aus dem morphologischen Theil zu ersehen ist.

§. 180. Nur mit wenigen, an unvollkommenen Gewächsen vorkommenden Ausnahmen findet bei den Pflanzen eine Reproduction d. h. eine Wiedererzeugung verloren gegangener Theile an die Stelle und in der Form dieser Theile statt. Sie ersetzen jedoch verloren gegangene Theile z. B. Blätter, Knospen u. s. w. wieder, aber nicht dadurch, daß sie dieselben an der Stelle, wo sie sich befanden, wieder erzeugen, sondern daß sie an anderen Stellen neue Organe derselben Art bilden, wie z. B. eine abgebrochene Knospe häufig durch Bildung von Adventivknospen an jener Stelle oder in ihrer Nähe ersetzt wird. Regelmäßig ist aber zu beobachten, daß mit Substanzverlust verbundene Verletzungen, der Axenorgane besonders und der von perennirenden Stämmen namentlich, vernarben, d. h. durch Bildung von Zellen geschlossen werden, so wie auch die sog. Ueberwallung der Baumstämme eine verwandte Erscheinung ist.

§. 181. Wie sich die Pflanzen von den Thieren durch den Mangel von Reproduction unterscheiden, so unterscheiden sie sich auch von diesen durch die Unbegrenztheit des Wachsthums, denn sie wachsen so lange als sie leben. Das Wachsthum giebt sich jedoch weniger durch die Vergrößerung der bereits vorhandenen, als vielmehr durch die Bildung neuer Theile zu erkennen. Lebensdauer und Wachsthum der Pflanzen ist von sehr verschiedener Dauer, denn einige durchmachen alle Phasen des Lebens und das Wachsthum in einigen Tagen, wie die Fadenpilze, andere erst nach

einigen Monaten, wie die einjährigen Pflanzen und die Stengel der Pflanzen mit perennirenden Wurzeln und Rhizomen, noch andere erst nach einer Reihe von Jahren, wie die Holzgewächse, noch andere nach Jahrhunderten, wie die meisten Bäume. Ja manche Bäume scheinen ein völlig unbegrenztes Wachsthum zu haben, wenn ihrem Leben nicht durch äußere gewaltsame Einflüsse ein Ziel gesetzt wird. So kennt man verschiedene Bäume mit annähernd geschätztem hohen Alter, wie z. B. einen Bananienbaum zu Nerbuda in Hindostan von 2500, einen Eibenbaum in Derby von 2000 und einen anderen in Nordwales von 1425, eine Eiche in der Normandie (die sog. la Quênesse) von 900, die Königseiche bei Leipzig von 7—800, eine Fichte (der sog. Gemsenstall) in Piemont von 1220, den Kastanienbaum auf dem Aetna von 1000 Jahren u. s. w. Ja der Affenbrodbaum soll ein Alter von 5000 Jahren erlangen und der Drachenblutbaum auf Teneriffa und eine Cypresse in Mexiko werden noch älter geschätzt.

c. Der Ernährungsproceß.

§. 182. Die Vermehrung der Zellen, in Folge deren die Keimpflanze sich vergrößert und wächst, ist nur dadurch möglich, daß der jungen Pflanze fortwährend die nöthigen Stoffe zugeführt werden. So wie die in den Samen enthaltenen und während des Keimens in Zersetzung übergehenden assimilirten Stoffe von der Keimpflanze verbraucht worden sind (vergl. §. 176), dann oder wohl auch schon früher beginnt der Ernährungsproceß der Pflanze von Außen, d. h. entweder bloß durch die Wurzel, wie bei den ächten Schmarotzern aus der Klasse der Samenpflanzen, oder durch die Wurzeln und die Laubblätter, wie bei der größeren Zahl der Samenpflanzen und der höher entwickelten Sporenpflanzen, oder durch die Wurzeln und die ganze Oberfläche ihres Körpers, wie bei den laubartigen Lebermoosen, den fleischigen Cacteen, Euphorbien und anderen Saftpflanzen. Diese Aufnahme gewisser Stoffe von Außen dauert so lange, als die Pflanze wächst und lebt; sobald dieselbe aufhört, ist auch das Leben der Pflanze und hiermit ihr Wachsthum beendigt. Die Ernährung der Pflanze findet jedoch nicht allein an den Stellen statt, an welchen die Aufnahme der Nahrungsstoffe vor sich geht, sondern es wird der eigentliche Ernährungsherd immer mehr von jenen Stellen entfernt, je mehr die Pflanze wächst, indem die jüngsten und jüngeren Theile der meisten Nahrung bedürfen; die hierzu nöthigen Stoffe werden durch den Saft zu jenen Stellen hingeführt. Da wo nun die Nahrungsstoffe eine Vergrößerung der Pflanze veranlassen, lagern sich jene nicht in ihrem Naturzustand ab, sondern sie werden durch eine eigenthümliche chemische Thätigkeit der Zelle auf eine sehr mannichfache Weise umgeändert und dann erst zur Bildung neuer Pflanzensubstanz bestimmt. Hiermit steht jedoch durchgehends eine Ausscheidung der überflüssigen Stoffe in Verbindung. Man hat bei dem Ernährungsproceß zuvörderst die Art der Nahrungsstoffe, dann aber die Aufnahme derselben und ihre Fortführung bei der Saftbewegung und endlich die Assimilation des Brauchbaren oder den eigentlichen Ernährungsproceß und die Ausscheidung des Ueberflüssigen oder die Secretion zu betrachten. Ueber keinen dieser Punkte ist man aber bis jetzt vollständig

im Klaren, und nur die Hauptgrundzüge können als gesichert hingestellt werden.

§. 183. Ueber die Nahrungsmittel der Pflanzen läßt sich Folgendes mit Bestimmtheit sagen. Keiner der Grundstoffe, welcher in der Gesammtheit der Pflanzensubstanz enthalten ist, wird in dem Ernährungsproceß als solcher, sondern nur in bestimmten seiner Verbindungen aufgenommen (nur Sauerstoff wird während des Keimungsprocesses von der Samensubstanz angezogen, aber nicht um unmittelbar in die neue Pflanzensubstanz überzugehen, sondern um gewisse Bestandtheile der Samensubstanz in einer Weise umzuändern, daß sie für die erste Ernährung der sich bildenden Keimpflanze dienen*). Diese Verbindungen sind, insofern nur die Zusammensetzung der eigentlichen Pflanzensubstanz in Betracht gezogen wird, das Wasser, die Kohlensäure und das Ammoniak. Aus diesen rein unorganischen Verbindungen, zu denen in einigen Fällen noch gewisse Schwefel- und Phosphorverbindungen kommen, bildet die Pflanze die zahlreichen organischen Verbindungen, welche sie enthält und wesentlich dazu bestimmt sind, der nur von organischen Verbindungen leben könnenden Thierwelt als Nahrung zu dienen. Diese als Nahrungsstoffe für die Pflanzenwelt dienenden unorganischen Verbindungen erzeugen sich in den für die Existenz der Pflanzenwelt nöthigen Massen nicht allein bei dem Ernährungsproceß der Thiere aus den Pflanzenstoffen, sondern auch in den Processen der Verwesung und Fäulniß der Exkremente und Leichen der Thiere und abgestorbener Pflanzentheile, so daß das Wasser, die Kohlensäure und das Ammoniak als rein unorganische Verbindungen fürerst durch die Pflanzenwelt und mittelbar aus dieser durch die Thierwelt Umsetzungen erleiden und wieder erzeugt werden, also einen fortwährenden Kreislauf durch die drei Naturreiche vollführen.

§. 184. Außer den zur Erzeugung der organischen Bestandtheile der Pflanzen dienenden unorganischen Verbindungen nehmen dieselbe noch andere unorganische Stoffe auf, welche dabei keine oder nur eine unwesentliche Veränderung (Umwandlung in pflanzensaure Salze) erleiden und beim Verbrennen oder Verwesen der Pflanzentheile, im ersteren Falle als Asche, zurückbleiben. Diese unorganischen Verbindungen nehmen die Pflanzen nur aus dem umgebenden Boden, jedenfalls nach der Lösung in reinem oder kohlensaurem Wasser, durch die Wurzeln auf; sie scheinen nach ihrer Qualität und Quantität einen wesentlichen Einfluß auf den so mannichfach verschiedenen Stoffbildungsproceß bei den einzelnen Pflanzenarten auszuüben. Liebig hat nach den vorherrschenden, über 50 Procent betragenden Aschenbestandtheilen der Pflanzen und Pflanzenorgane diese in vier Gruppen eingetheilt, nemlich:

1) in Alkalipflanzen, wohin alle saftigen mehl- und zuckerhaltigen Pflanzen gehören,
2) in Kalkpflanzen, wohin die Dikotyledonen, besonders deren Blätter, Früchte und Stengel gehören,

*) Die Thatsache, daß Pflanzen im Dunkeln Sauerstoffgas aus der atmosphärischen Luft einsaugen, ist vielleicht dadurch bedingt, daß wegen Mangels an Licht der Lebensproceß der Pflanzen so zurückgedrängt wird, daß ein Oxydationsproceß gewisser Pflanzenstoffe eintritt, welcher aber unabhängig von dem Ernährungsvorgang ist.

3) in **Kieselpflanzen**, wohin die Monokotyledonen, besonders deren Blätter und Stengel gehören, und
4) in **Phosphorsäurepflanzen**, wohin alle stickstoffreichen Pflanzen und sämmtliche Samen gehören.

Die ächten Schmarotzerpflanzen nehmen gar keine unorganischen Stoffe zu ihrer Ernährung auf, sondern entziehen mittels der Wurzeln oder besonderer Saugapparate anderen Pflanzen, auf denen sie wachsen, den bereits mehr oder weniger assimilirten Nahrungssaft. Auch die Pilze, sämmtliche Torfpflanzen und viele Orchideen ziehen ihre Nahrung einzig und allein aus in Zersetzung begriffenen thierischen und Pflanzenkörpern und machen so von der allgemeinen Regel, daß die Pflanzen Kohlensäure, Wasser und Ammoniak aus der atmosphärischen Luft, die Phosphor- und Schwefelverbindungen so wie die übrigen unorganischen Körper aus dem Boden als Nahrungsmittel aufnehmen, eine Ausnahme.

§. 185. **Die Aufnahme der Nahrungsmittel** für die Pflanzen, insofern jene selbst nicht flüssiger oder luftförmiger Beschaffenheit (wie das Wasser und die Kohlensäure) sind, kann nur in ihrem gelösten Zustand und zwar in Folge von Endosmose geschehen. In Folge der chemischen Verwandtschaftskraft zweier Stoffe, nach welcher sie sich gleichmäßig zu vermischen streben, eine Kraft, die selbst bei der Trennung zweier Flüssigkeiten durch eine dünne, leichter oder schwerer für eine Flüssigkeit durchdringbare Haut sich äußert, geschieht die Mischung vorzugsweise auf der Seite, wo die schwieriger durch die Haut dringbare Flüssigkeit befindlich ist, deren Raummenge also vermehrt, während die der die Haut leichter durchdringbaren Flüssigkeit vermindert wird. Zwischen der in den Pflanzenzellen enthaltenen Flüssigkeit und dem in der Umgebung der Pflanze befindlichen Wasser, dieses mag als solches oder als Feuchtigkeit des Bodens vorhanden sein, findet dasselbe Verhältniß in Beziehung auf die die Rolle einer dünnen Haut spielenden Zellenwand statt; der in den Pflanzenzellen enthaltene Saft ist in Folge seines Gehaltes an Gummi, Zucker und eiweißartigen Substanzen weniger geeignet, die Zellenwand zu durchdringen, als das Wasser, welches daher fortwährend in großer Menge in die Pflanzenzellen hineingesogen wird. Da die Pflanzenzelle, besonders im zusammenhängenden Gewebe wenig elastisch und ihr flüssiger Inhalt so gut als gar nicht zusammendrückbar ist, so könnte sie fast gar keine Flüssigkeit aufnehmen, wenn ihr nicht auf der anderen Seite eine verhältnißmäßige Menge entzogen würde. Die Flüssigkeit durchdringt die Zellenwand; tritt sie mit der Luft in Bewegung, so muß je nach der Wärme, Trockenheit und Bewegung eine mehr oder minder starke Verdunstung ihres Wassers stattfinden und dadurch Raum für neue Aufnahme von Flüssigkeit geschafft werden; durch diese Verdunstung wird aber auch die Flüssigkeit der Zelle verdickt und somit ihre aufsaugende Kraft erhöht. Da nun aber in den jüngsten Theilen der Pflanzen wegen der Zartheit ihrer Zellenwände die Verdunstung des Wassers am stärksten ist, so muß sich von den zuerst aufnehmenden Zellen aus bis zu den jüngsten hin, wenn auch noch so viele Zellen dazwischen liegen, ein anhaltender **Saftstrom** oder eine **Saftbewegung** bilden. Da nun die Gefäße der lebenden Pflanzen bei den Untersuchungen nur Luft als Inhalt zeigen, so kann die Saftbewegung

nicht durch diese stattfinden; ebensowenig scheint diese durch die dickwandigen Zellen des Füllgewebes, vielmehr durch die zartwandigen Zellen der Bildungsschicht vor sich zu gehen. Aus diesem durch die Pflanzen aufsteigenden Strom entnehmen die Zellen des Füllgewebes ihren Bedarf, soweit durch Verdunstung in die luftgefüllten Zwischenzellengänge oder durch Bildung organischer Substanzen ihr flüssiger Inhalt concentrirt und zur Ansaugung dünnerer Flüssigkeit geschickt gemacht worden ist. Die Menge des Wassers, die auf diese Weise durch die Pflanzen geführt wird, ist sehr bedeutend und beträgt wahrscheinlich in den meisten Fällen viel mehr, als von der gleichzeitig fallenden Regenmenge der Pflanze zu Gute kommt. Diese Saftbewegung ist die einzige in der Pflanze, von der etwas mit Sicherheit bekannt ist und die nothwendigerweise aus den in der Pflanze gegebenen Grundlagen abgeleitet werden muß; alle anderen Erklärungen sind willkürlich aus höchst unvollständig erkannten Thatsachen abgeleitet.

§. 186. Ueber die Assimilation oder Aneignung der Nahrungsstoffe in den Pflanzen ist man noch mehr im Unklaren als über die Saftbewegung, und man kann bis jetzt nur ein Schlußresultat aus den gemachten Forschungen ziehen. Nemlich der große Gehalt von Kohlenstoff, so wie auch der Gehalt an Wasserstoff und Stickstoff, der sich in den Pflanzen findet, steht in keinem Verhältniß zu dem Sauerstoff, welcher in den Pflanzennahrungsstoffen, in der Kohlensäure und Wasser (das Ammoniak ist sauerstofffrei) enthalten ist, und es muß also eine theilweise Ausscheidung desselben stattfinden, was auch wirklich der Fall und leicht nachweisbar ist, indem grüne Pflanzentheile am Licht Sauerstoffgas aushauchen; man ist hierdurch berechtigt, die Bildung der Pflanzensubstanz aus den unorganischen Nahrungsmitteln als einen Desoxydationsproceß zu betrachten. Ob aber hierbei die Kohlensäure, wie Saussure angenommen hat, oder nach der Liebig'schen Ansicht das Wasser zersetzt werde, dies ist bis jetzt nur noch Hypothese. Erstere Ansicht scheint die richtigere zu sein, da die grünen Pflanzen unter Wasser, welches mit Kohlensäure geschwängert ist, eine reichlichere Menge Sauerstoff entwickeln, als in reinem Wasser; da jedoch bei der Annahme, daß die nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden oder diejenigen Pflanzenstoffe, welche weniger Sauerstoff enthalten, als der in ihnen befindliche Wasserstoff zur Verbindung mit Wasser bedarf, unmittelbar aus Kohlensäure und Wasser erzeugt werden, so muß man auch eine gleichzeitige gänzliche oder theilweise Desoxydation dieser beiden Nahrungsstoffe annehmen. Von großem Einfluß bei dem Assimilationsproceß dieser Nahrungsstoffe sind jedenfalls die Elektricität, die Wärme und besonders das Licht, da die sichersten Beobachtungen gezeigt haben, daß die grünen Pflanzentheile im Lichte Kohlensäure einsaugen und Sauerstoffgas aushauchen, dagegen im Dunkeln Sauerstoffgas aufnehmen und Kohlensäure ausdunsten; in welchem Verhältniß aber diese Processe gegen einander stehen, das ist zur Zeit noch gänzlich unbekannt. Auch in Beziehung auf die Assimilation des Ammoniaks, von der man nur weiß, daß sie nicht in den Saftgefäßen vor sich geht, da der in ihnen enthaltene Saft, er mag auf- oder abwärts steigen, noch unzersetzte Ammoniaksalze enthält, kennt man wie für die Assimilation der Kohlensäure und des Wassers nicht die Organe, in welcher jene vor sich geht.

§. 187. In dem hylologischen Abschnitt ist in den §§. 73—95 bereits angeführt worden, daß die Produkte des Assimilationsprocesses in den lebenden Pflanzen in zwei Klassen zerfallen, nemlich in solche, welche besonders an dem Aufbau der Pflanze und an der Zusammensetzung der Zellenmembrane Theil nehmen, zum Theil auch zur Bildung neuer Zellen unbedingt nothwendig sind, und in solche, die für den Aufbau der Pflanzen nicht thätig sind, sondern bloß als körnige oder flüssige Stoffe in den Zellen abgelagert werden und keiner weiteren Umbildung fähig sind. Diese Stoffe sind, wie a. a. O. angegeben, die Farbstoffe, die Säuren, die Alkaloide, die ätherischen Oele, die Harze, die Extraktivstoffe, die Gerbstoffe und die Kautchoukkörper, welche in besonderen Zellenräumen und Zellen, die aber weder für die Assimilation noch für den Zellenbildungsproceß dienen, eingeschlossen sind; sie werden Secrete genannt und scheinen in der That Ausscheidungen aus den Zellen zu sein, in welchen der Assimilationsproceß am thätigsten ist. Wie sie jedoch entstehen, das ist gänzlich unbekannt und nur für die Harze kann in manchen Fällen angenommen werden

D. Der Fortpflanzungsproceß.

§. 188. Als Fortpflanzung der Gewächse wird die Erzeugung eines neuen Organismus, einer neuen Pflanze durch die bildende Thätigkeit einer bereits vorhandenen Pflanze verstanden, wobei eine in jeder Beziehung der Mutterpflanze gleiche und ähnliche Pflanze erzeugt wird; die Pflanzenart wird durch diesen Akt vervielfältigt oder vermehrt, weßhalb auch der Fortpflanzungsproceß als ein Vermehrungsproceß bezeichnet werden kann. Dieser rein physiologische, auf der Fähigkeit der Zellen, neue Zellen innerhalb ihrer Höhlung zu bilden, beruhende Hergang geschieht auf zweierlei Weise, nemlich

1) theils dadurch, daß sich entweder einzelne Zellen oder Zellengruppen oder Knospen oder Sprossen von der Mutterpflanze abtrennen und zu neuen Pflanzen auswachsen, oder auch die ganze Mutterpflanze in einzelne Stücke zerfällt, die sich zu neuen Pflanzen ausbilden, oder
2) theils dadurch, daß entweder unmittelbar oder gewöhnlicher mittelbar in Folge des Zusammenwirkens zweier Organe verschiedener Art, der sog. Geschlechtsorgane, einzelne Zellen (Sporen) oder aus vielen Zellen zusammengesetzte, in ihrem Inneren die Anlage zu einer neuen Pflanze bereits vorgebildet enthaltende Organe (Samen) entstehen, welche zu einer bestimmten Zeit von der Mutterpflanze abgeworfen werden und dann unter den nöthigen Bedingungen durch den Keimungsproceß eine neue Pflanze aus sich entwickeln.

Die erstere Art der Fortpflanzung heißt die Fortpflanzung durch Theilung oder die Vermehrung der Pflanze im weiteren Sinn, die letztere Art die Fortpflanzung durch Keimung oder die Fortpflanzung im engeren Sinn.

§. 189. Die Fortpflanzung durch Theilung findet statt 1) durch Zerfallen der Mutterpflanze in einzelne Stücke oder Abtrennung einzelner Stücke von derselben, 2) durch Brutzellen, 3) durch Brutkörner oder Keimknospen oder 4) durch Knospen. Die erste Art kommt nur bei den Angiosporen vor, besonders bei den Gährungspilzen und anderen

einzelligen Pilzen durch Abschnürung der Zelle in zwei Theile, bei den einzelligen Algen durch Theilung der Zelle in Folge der Bildung einer Scheidewand und spätern Trennung, bei den Caulerpeen durch Abtrennung einzelner Zweige von dem Pflanzenkörper, bei den aus einer Reihe von Zellen bestehenden Oscillatorien durch Zerfallen in einzelne Stücke, deren jedes durch quere Theilung der Zellen wieder in eine Zellenreihe, in eine neue Pflanze verwandelt wird, bei den Laub- und Krustenflechten durch eine Zertheilung des Thallus in Folge eines vom Centrum aus erfolgenden Absterbens und Verwitterns in einzelne Stücke, deren jedes fähig ist, durch Zellenbildung sich zu vergrößern und ein neues Individuum zu werden. Die Fortpflanzung durch Brutzellen, d. h. durch einzelne aus dem Verbande des Gewebes der Mutterpflanze sich lösenden Zellen findet bei den Flechten, Algen und Charen, die durch Keimknospen bei den Leber- und Laubmoosen und bei manchen Farnkräutern, die durch Knospen, nemlich durch Zweig- und Brutknospen, Zwiebeln und Knollen bei den Samenpflanzen statt, über welche Vorgänge bereits in dem morphologischen Abschnitt die Rede gewesen und hier nur noch Einiges über die Vermehrung der Samenpflanzen durch Knospen zu sagen ist. Die Samenpflanzen vermehren sich, außer durch die Brutknospen, auch bisweilen durch gewisse Adventivknospen, wie z. B. bei Echeveria, Crassula, Citrus, Cardamine an bestimmten Stellen abgebrochener oder abfallender Blätter in oder auf feuchter Erde oder im Wasser regelmäßige Knospen, die nach allmählicher Absterbung der Blätter zu selbstständigen Pflanzen aufwachsen, bei Gesneria nach Verletzungen, z. B. an den geknickten Blattnerven eine gleiche Knospenbildung entsteht, bei Bryophyllum calycinum in den Kerben der Blätter die Bildung einer selbstständigen Entwicklung fähiger Adventivknospen vorkommt und endlich die Vermehrung vieler dikotyledonischen Holzgewächse, namentlich der meisten Laubhölzer aus den verholzten Wurzeln oder den Stümpfen abgehauener Stämme auf einer gleichen Erscheinung beruht.

§. 190. Die Fortpflanzung durch Keimung ist theils eine ungeschlechtliche wie bei den Angiosporen, theils eine geschlechtliche, wie bei den Gymnosporen und sämmtlichen Samenpflanzen; in dem morphologischen Abschnitt ist bereits die Fortpflanzung durch Sporen und die Entstehung des Embryos und die Bildung des Samens aus der Samenknospe besprochen worden, weßhalb hier nur noch der Vorgang, durch welchen die Entstehung des Embryos veranlaßt wird, d. h. der bei den Samenpflanzen stattfindende Befruchtungsproceß oder das Geschlechtsleben der Samenpflanzen zu erörtern ist. Nach der vollkommenen Ausbildung des Blüthenstaubes springt der Staubbeutel auf und streut jenen aus; Blüthenstaub und Samenknospe sind aber räumlich, bei manchen Pflanzen oft sehr weit von einander entfernt und zur Ueberführung des Blüthenstaubes zu der stets fixirten Samenknospe ist eine eigenthümliche Beihülfe der Natur nothwendig, wohin die übermäßig große Zahl der Pollenkörner an Verhältniß zu den Samenknospen oder die höhere Stellung der Staubbeutel über der Stempelmündung, als äußere Einflüsse aber der Wind, die Wellenbewegung und insbesonders der Besuch der Insekten, namentlich der der Bienen (die instinktmäßig bei jedem Ausflug sich nur

auf den Besuch einer einzelnen Pflanzenart zu beschränken pflegen) gehören. Die Pollenkörner, welche mit der Samenknospe in Berührung kommen, quellen durch den Einfluß der Narbenfeuchtigkeit auf und beginnen bald darauf zu keimen, d. h. ihre innere Haut (die primäre Zellenmembran) in Form eines oder mehrerer Schläuche durch die Oeffnungen oder dünnen Stellen der äußeren Pollenhaut hindurch auszustülpen. Die mit einer schleimigen, zähflüssigen Masse (Fovilla) erfüllten Pollenschläuche dringen dann zwischen den Narbenpapillen in das leitende Zellgewebe ein und wachsen darin so lange fort und dehnen sich so lange aus, bis sie die Fruchtknotenhöhle und die Samenknospen erreichen, bei welchen letzteren sie in den Knospenmund eindringen, das Gewebe der Kernwarze durchbrechen und endlich bis an den Keimsack gelangen. Stimmen auch bis zu diesem Akt die Ansichten der jetzigen Pflanzenphysiologen überein, so erklären sie die weiteren Vorgänge auf eine verschiedene Weise. Nach Schleiden stülpt der Pollensack die Wandung des Embryosackes ein und dringt auf diese Weise in denselben ein; er verwandelt sich innerhalb desselben dadurch, daß sein Ende kugelig wird, zu einem Bläschen anschwillt und in diesem ein Zellenbildungsproceß entsteht, in das Embryokügelchen. Hierauf oder während dem schnürt sich der Pollenschlauch außen am Keimsack gewöhnlich ab und wird resorbirt. Das in den Keimsack eingedrungene Ende des Pollenschlauches wird also zum Embryo; eine Befruchtung im Sinne der Thierwelt findet gar nicht statt. Der Inhalt des Keimsackes dient nur zur Ernährung des eingedrungenen Pollenschlauches und des aus demselben entstandenen Keimbläschens. Späterhin erklärte Schleiden die Einstülpung des Keimsackes für unwesentlich, da in vielen Fällen eine solche gar nicht erfolge, stets aber das Ende des Pollenschlauches zum Embryo werde, weßhalb also der Pollenschlauch und der Blüthenstaub überhaupt als das weibliche Geschlechtsorgan der Samenpflanzen zu betrachten und bei denselben ein wirkliches männliches Organ gar nicht vorhanden ist. — Nach Amici's und Hofmeister's Beobachtungen ist der weitere Vorgang bei der Befruchtung folgender: Der durch das Zellgewebe der Kernwarze bis an den Keimsack vorgedrungene Pollenschlauch drängt denselben entweder bloß auf die Seite und legt sich an ihn an, oder stülpt ihn ein, oder durchbricht seine Wandung wirklich, und dringt in den Keimsack ein; vor-, während oder nach diesem Vorgang entstehen in der Flüssigkeit des Keimsackes Zellen durch freie Zellenbildung, von denen eine zum Embryokügelchen wird, was geschieht, nachdem sich der Pollenschlauch an den Keimsack angelegt hat; bei Canna, wo die Eindringung in den Keimsack mit Sicherheit statt findet, legt sich das in diesen eingedrungene Ende des Pollenschlauches an das zu befruchtende Keimbläschen an, aber auch hier bleibt das zu befruchtende Keimbläschen eine völlig geschlossene Zelle und ein direkter Uebertritt eines Theiles des Pollenschlauchinhaltes in das Innere des Keimbläschens ist durchaus unmöglich. Es ist daher das Anlegen des Pollenschlauches an den Keimsack oder an das Keimbläschen als der eigentliche Befruchtungsakt zu betrachten, der Uebergang der Fovilla in das Keimbläschen findet mittels Diffusion statt oder jene wirkt dynamisch auf den Inhalt des Keimsackes

und des Keimbläschens und es ist der Pollenschlauch, überhaupt der Blüthenstaub als das männliche, der Keimsack und überhaupt die Samenknospe als das weibliche Organ zu betrachten. Letztere Ansicht, die auch von Mohl, Griffith, K. Müller, Unger, Crüger und Tulasne vertheidigt oder durch deren Beobachtungen bestätigt wird, würde die alte durch Linné aufgestellte Meinung über die Geschlechter der Samenpflanzen bestätigen; der Schleiden'schen Ansicht schließen sich Geleznoff, Wydler, Karsten und Schacht an. Weitere Beobachtungen müssen jedoch angestellt werden, um die Wahrheit zwischen beiden Ansichten zu erforschen, die zwar beiderseits auf Beobachtungen beruhen, welche aber doch einerseits falsch gedeutet sein müssen.

E. Der Tod der Pflanze.

§. 191. Der Proceß der Befruchtung und der Bildung des Samens ist die höchste Aufgabe des Lebens der Samenpflanzen; die Entwicklung einer Knospe zu Fortpflanzungsorganen macht dem ferneren Wachsthum und somit dem Leben derjenigen Stengelorgane, für welche sie die einzige Knospe, ein Ende; werden sämmtliche Knospen einer Pflanze zu Blüthen verwandelt, so muß diese als Individuum bei oder nach der Reife des Samens absterben. Derartig sind alle einfachen Pflanzen, überhaupt alle diejenigen Pflanzen, die ihre gesammten Lebensphasen in ein oder zwei Vegetationsperioden beendigen. Bei den zusammengesetzten Pflanzen gilt zwar dasselbe von dem einzelnen Individuum, aber dieses stirbt in der Regel nicht ab, sondern wird nur in dem weiteren Wachsthum unterbrochen; da nun die Bildung neuer Knospen streng genommen kein einfacher Wachsthumsproceß, sondern eine Bildung neuer Individuen, also ein Fortpflanzungsproceß ist und da zur Zeit kein Grund vorhanden ist, daß die Zeugungsfähigkeit nach einem bestimmten Zeitraume erlösche, so giebt es kein durch innere Verhältnisse bedingtes Lebensende, und jede perennirende Pflanze stirbt daher nicht eines eigentlichen natürlichen Todes, sondern in Folge äußerer Zufälligkeiten. Es kann sogar die einzelne Zelle absterben (vergl. §. 110) oder zerstört werden, ohne daß das Leben des Gesammtorganismus dadurch im Geringsten gestört wird, wofür die kräftige Vegetation alter hohler Bäume spricht und bei denjenigen Pflanzen, bei denen alle Theile des Organismus dieselbe physiologische Bedeutung haben oder bei denen jeder Theil den Gesammtorganismus repräsentirt, wie bei den Pilzen, Algen und Flechten, tritt der Tod erst nach der Zerstörung aller Elementarorgane ein.

Zweite Abtheilung.

Besondere Erscheinungen im Leben der Pflanze.

A. Wärme- und Lichtentwicklung.

§. 192. Das Freiwerden von Wärme in einem deutlich bemerkbaren Grade läßt sich nur bei einigen Vegetationsprocessen wahrnehmen,

insbesonders aber dann, wenn viele Samen auf einem Haufen keimen (beim Malzen des Getreides) oder dann, wenn viele Blüthen auf einem engen Raum zusammengedrängt thätig sind, wie z. B. in den Blüthentheilen der Aroideen. Da in diesen Fällen neben der Absorption von Sauerstoffgas zugleich eine Bildung von Kohlensäure wahrzunehmen ist, so kann die stattfindende Temperaturerhöhung als die Folge eines Verbrennungsprocesses betrachtet werden.

§. 193. Ueber die im Inneren der Pflanze sich zeigenden Temperaturverhältnisse weiß man bis jetzt nur Weniges mit Bestimmtheit. Die Temperatur wird daselbst unabhängig von der äußeren Wärme durch zwei entgegengesetzte Vorgänge bedingt; die Pflanze nimmt nemlich fortwährend Gasarten, Dämpfe und Flüssigkeiten auf und verwandelt sie in flüssige oder feste Bestandtheile, wobei die den luftförmigen oder den tropfbarflüssigen Zustand bedingende Quantität von Wärme in Freiheit gesetzt wird; da aber zugleich ein fortwährendes Aushauchen von Sauerstoffgas und Wasserdampf statt findet, so ist es wahrscheinlich, daß die bei den Verdichtungsvorgängen in Freiheit gesetzte Wärme sogleich von dem Sauerstoff und dem Wasser gebunden wird und beide Vorgänge, der der Verdichtung und der der Gas- oder Dampfbildung, in Bezug auf das Freiwerden und das Binden von Wärme sich das Gleichgewicht halten.

§. 194. Das Freiwerden von Licht, welches nicht allein an absterbenden Pilzen, absterbendem Holz und anderen Pflanzentheilen, sondern auch an einigen niederen Pflanzen in denen Lebensthätigkeit beobachtet worden ist, erklärt Schleiden dahin, daß es von einem eigenthümlichen gallertartigen Stoff ausgehe, welcher den leuchtenden Pflanzentheil überziehe und in Folge von Absorption des atmosphärischen Sauerstoffes in einen langsamen, mit Lichtentwicklung verbundenen Verbrennungsproceß übergehe. Das blitzähnliche Leuchten, welches von Linné's Tochter an den Blumen der spanischen Kresse und von Anderen an denselben, so wie auch an anderen meist goldgelben Blumen beobachtet worden sein soll, wird, wenn es überhaupt statt findet, durch elektrische Verhältnisse bedingt.

B. Bewegungen der Pflanzentheile.

§. 195. Die an lebenden Pflanzentheilen und Pflanzen vorkommenden Bewegungen (das Aufspringen der reifen Pericarpien, Antheren und Sporenfrüchte ist durch den Uebergang aus dem feuchten in den trocknen Zustand bedingt und gehört nicht hierher) zerfallen in zwei Klassen, nemlich in solche, die in Folge eines äußeren Reizes entstehen, und in solche, die unabhängig von einem äußeren Reiz sind; beide Bewegungsarten zerfallen wiederum in periodische und in nichtperiodische Bewegungen. Zu der periodischen, durch äußeren Reiz veranlaßten Bewegung gehören die verschiedenen Stellungen der Blätter, welche dieselbe am Tag und bei Nacht behaupten und was mit Einschlafen und Erwachen der Blätter bezeichnet wird. Diese verschiedene Stellung der Blätter ist jedenfalls durch den Wechsel von Licht und Dunkelheit bedingt, da die meisten Blätter um die Zeit des Sonnenunterganges ihre Stellung verändern, diese veränderte Stellung die Nacht hindurch behaupten und bei Sonnenaufgang die vortägige Stellung wieder annehmen. Auch die Blüthenhüllen, besonders

die Blumenkronen zeigen ähnliche Veränderungen ihrer Stellung, nur daß dieselben nicht so rasch erfolgen und nicht allein von dem Lichtreiz, sondern auch und jedenfalls in höherem Grad von den Wärmeverhältnissen der umgebenden Luft abhängig sind. Schleiden glaubt als allgemeine Regel für derartige Veränderungen der Stellung der Blätter und Blüthentheile aussprechen zu dürfen, daß diese Organe beim Einschlafen möglichst zu der Lage zurückzukehren streben, die sie im Knospenzustand hatten, was jedoch nicht durchgehends statt findet, da manche Blätter, wie z. B. die von Oxalis, im Schlaf eine von der Knospenlage wesentlich verschiedene Lage haben. Als der Sitz der Bewegung müssen verschiedene Stellen angenommen werden. Das Senken und Emporrichten der Blattstiele wird jedenfalls durch das an der Basis derselben bei vielen Blättern befindliche Blattkissen oder Gelenkpolster hervorgebracht; dieses befindet sich auch an zusammengesetzten Blättern an der Basis der sekundären und tertiären Blattstiele, wenn auch weit kleiner und unbedeutender entwickelt, besteht aus einem weichen saftigen Parenchym und seine Zellen besitzen jedenfalls eine eigenthümliche Contractibilität, wodurch die verschiedene Lage der Zellen und dadurch eine Hebung oder Senkung der Blattstiele veranlaßt werden kann.

§. 196. In Folge äußerer mechanischer oder chemischer Reize tritt bei manchen Pflanzen an den Blättern und Blattorganen eine ähnliche Bewegung, wie sie beim Einschlafen stattfindet, ein. Bekannt sind die Bewegungen der Blätter der Mimosa-Arten, namentlich von Mimosa pudica und sensitiva, besonders von letzterer Pflanzenart, deren Blättchen an sämmtlichen Blättern sich schon bei einer Erschütterung des Stammes, noch leichter bei Berührung der Blätter selbst zusammenlegen; der gemeinschaftliche Blattstiel senkt sich, indem das hier sehr entwickelte Polster concav wird, dagegen die sekundären Blattstiele sich einander nähern und die Blättchen über diesen sich dachziegelförmig zusammenlegen. Bei fortgesetzter Berührung wird die Reizbarkeit der Pflanze erschöpft; sie erkrankt und geht zuletzt gänzlich ein. Offenbar ist das Polster der Sitz der Bewegung und diese dadurch veranlaßt, daß das in verhältnißmäßig großer Menge vorhandene parenchymatöse Zellgewebe einen bedeutenden Turbo zeigt, so daß es einen größeren Raum einzunehmen bestrebt, als es die mechanischen Verhältnisse, in denen es sich befindet, gestatten. Wird aus dem Gelenke der Länge nach eine Platte ausgeschnitten, die in ihrer Mitte aus dem Holzbündel und an beiden Seiten aus einer Schicht des parenchymatösen Zellgewebes besteht, diese beiden Seiten aber nochmals abgeschnitten, so dehnen sie sich sogleich um $\frac{1}{5}$ der Länge nach aus, woraus hervorgeht, daß das centrale Gefäßbündel im Verhältniß zu der turgescirenden Zellgewebsmasse des Gelenkes zu kurz und daß die letztere im unverletzten Gelenke in der Richtung der Längenaxe des Gelenkes zusammengedrückt ist. Wird vom Gelenke eines noch am Stamme befindlichen Blattes das Zellgewebe der oberen Seite bis auf den centralen Gefäßbündel abgeschnitten, so kann das seines Antagonisten beraubte Zellgewebe der unteren Seite seiner Ausdehnung folgen und es wird dadurch das Blatt sogleich in die Höhe gedrückt, während das Blatt herabgedrückt wird, wenn man das Zellgewebe der unteren Seite wegschneidet. Zeigt dieses Verhalten auch, daß die Bewegung des Blattes von bestimmten Zellengruppen des Gelenks=

polsters abhängig ist, so kennt man aber noch nicht die Veranlassung, durch welche jene Zellen bestimmt werden, sich auszudehnen oder zusammenzuziehen.

§. 197. Die autonomischen, d. h. diejenigen Bewegungen, welche scheinbar von äußeren Einwirkungen unabhängig sind, lassen sich gar nicht erklären und sind völlig räthselhaft. Periodische Bewegungen dieser Art sind bis jetzt bloß an den Blättern einiger tropischen Hedysarum-Arten und an der Honiglippe von Megaclinium falcatum, einer tropischen Orchidee, beobachtet worden. Besonders auffallend sind sie an den Blättern von Hedysarum gyrans; diese Blätter sind dreizählig und bestehen aus einem großen End- und zwei kleinen Seitenblättchen; das Endblatt und der gemeinschaftliche Blattstiel bewegen sich am Tag fortwährend, bald schneller bald langsamer auf und nieder, während die Seitenblättchen bei Tag und Nacht eine schwingende ruckweise Bewegung in der Art zeigen, daß die Spitze eines jeden Blättchens einen kleinen Kreis beschreibt; mitunter bewegt sich auch nur das eine Blättchen, während das andere ruht. Nicht periodische Bewegungen finden an den Spitzen der schlingenden Aren, welche den Zweck haben, einen Stützpunkt zu suchen, ferner bei den Staubgefäßen und Narben vieler Pflanzen behufs der Uebertragung des Blüthenstaubes auf die Narbe, ja sogar an den Oscillatorien, also an ganzen Pflanzen, statt. Diese Pflanzen bilden kurze, aus einer Reihe mehr breiter als langer cylindrischer Zellen bestehende Fäden; jeder Faden zeigt während der kräftigen Vegetation eine dreifache Bewegung, nemlich eine Krümmung des vorderen verjüngten Endes in spiraliger Richtung, ein pendelartiges Hin- und Herschwingen der vorderen Hälfte des Fadens und ein wurmartiges Ausstrecken und Vorrücken des ganzen Fadens.

Zweiter Abschnitt.

Lebenslehre der Pflanzen im abnormen Zustand. Pathologie.

Erste Abtheilung.

Lehre von den Bildungsabweichungen der Pflanzen. Teratologie.

§. 198. Die Teratologie hat eine dreifache Aufgabe, nemlich: 1) die Bildungsabweichungen an den Pflanzen ihrer äußeren Gestaltung und ihrer Bedeutung nach kennen zu lehren und ihre verschiedenen Formen systematisch zu ordnen, 2) die Entwicklungsgeschichte und den Bau der abnorm gebildeten Pflanzen und Pflanzentheile zu erforschen und 3) die Ursachen zu ermitteln, welche den abnormen Bildungen zu Grunde liegen. Diese Aufgaben, von denen nur die letztere eine biologische, die beiden ersteren morphologische sind, haben bis jetzt eine nur unvollkommene Lösung gefunden und bloß über das Vorkommen, die Bedeutung und die äußere Gestaltung der Bildungsabweichungen sind so reichliche Beobachtungen vorhanden, daß eine wissenschaftliche Anordnung und Beschreibung derselben möglich ist.

§. 199. Jede Pflanzenform und jede Pflanzenspecies hat sowohl hinsichtlich der Anordnung als auch hinsichtlich der Gestalt der Theile der Pflanzentheile eine gewisse Regelmäßigkeit, die pflanzliche Symmetrie benannt. Durch diese constante Symmetrie wird den Individuen einer jeden Pflanzenspecies ein eigenthümlicher bestimmter Charakter, der specifische Typus, durch welchen die Individuen einer und derselben Species immer wieder erkannt und von denen anderer Species unterschieden werden können. Ist der Körper irgend einer Pflanze in allen seinen Theilen so gestaltet, wie es der Typus der Species, zu welcher die Pflanze gehört, vorschreibt, so hat er eine regelrechte oder normale Bildung; hat er hingegen in irgend einem seiner Theile oder in allen eine von dem specifischen Typus abweichende Gestalt, so zeigt er eine regelwidrige oder abnorme Bildung. Die Abnormität der Pflanze ist also im Allgemeinen eine gegen die Regeln des specifischen Typus erfolgte Bildung des Pflanzenkörpers.

§. 200. Die den Abnormitäten zu Grunde liegenden Ursachen sind theils äußere oder physikalische, wohin qualitativ oder quantitativ veränderte Nahrung, Veränderung der Atmosphäre, der Temperatur, der Beleuchtung, mechanische Einwirkungen durch Verletzungen, Insektenstiche u. s. w. gehören, theils innere oder vitale, die zwar unbekannt sind und sich deßhalb nicht näher bezeichnen lassen, aber doch angenommen werden müssen, da sehr häufig abnorm gebildete Pflanzen unmittelbar neben normal gebildeten derselben Art vorkommen und nicht immer eine bestimmte Abnormität erzielt wird, wenn man ein anderes Individuum derselben Art unter denselben physikalischen Verhältnissen wachsen läßt. Endlich ist noch als eine dritte Ursache der Abnormität die Uebertragung des befruchtenden männlichen Stoffes eines Individuums auf das weibliche Organ eines einer anderen Art angehörenden Individuums, wodurch in vielen Fällen die sog. Bastardpflanzen, plantae hybridae, hervorgebracht werden, anzuführen.

§. 201. Nach den bis jetzt angestellten Beobachtungen läßt sich für das Vorkommen der Abnormitäten das Gesetz aufstellen, daß die Pflanzenkörper um so häufiger einer abnormen Bildung unterworfen sind, je vollkommener dieselben sind, was besonders in Beziehung auf die essentiellen Bildungsabweichungen (vergl. §. 204), welche fast nur bei den höheren Pflanzen beobachtet werden, gilt, wogegen die habituellen Bildungsabweichungen sich bei allen Pflanzen und zwar bei den unvollkommenen noch häufiger als bei den vollkommenen Pflanzen finden.

§. 202. Nach dem Sitze und der Ausbreitung der Abnormität ist die Dauer der abnormen Bildungen verschieden. Ist der ganze Pflanzenkörper oder wenigstens die Axe abnorm entwickelt, so dauert natürlich die Abnormität durch das ganze Pflanzenleben; sind hingegen einzelne peripherische Organe, wie Blätter, Blüthen, Früchte, abnorm entwickelt, so ist die Abnormität nur vorübergehend, da diese Organe in einer gewissen Zeit abgeworfen werden. Es kommt im letzteren Fall bei den perennirenden oder den rhizocarpischen und caulocarpischen Pflanzen häufig vor, daß dieselbe Abnormität an demselben Organe in jeder Vegetationsperiode wiederkehrt, sie dann aber nicht leicht durch den Samen, wohl aber durch Knospen, z. B. durch Ableger, Pfropfreiser u. s. w. fortgepflanzt werden kann. Auch

die monocarpischen Pflanzen entwickeln sich bisweilen unter denselben Verhältnissen immer abnorm und lassen diese Abnormitäten, wie gefüllte Blumen, abnorm gestaltete Blätter, Blüthenhüllen und Staubgefäße, monströse Früchte u. s. w. durch Samen fortpflanzen, kehren aber, wenn man die aus dem Samen abnorm gebildeter Pflanzen gezogenen Individuen sich selbst überläßt, ihnen nicht die der Mutterpflanze entsprechende Nahrung giebt, häufig in die normale Bildung zurück.

§. 203. Die Bildungsabweichungen geben sich theils in einer Aenderung der Größe, Form, Consistenz oder Farbe, des Ueberzuges des gesammten Pflanzenkörpers oder einzelner Gattungen von Organen, theils in ganz fremdartigen, im Typus der Pflanzenspecies durchaus nicht begründeten, bald regelmäßigen, bald unregelmäßigen, oft völlig ganz monströsen Gestaltungen einzelner Organe oder des ganzen Pflanzenkörpers kund. Im ersten Falle entstehen die habituellen Bildungsabweichungen oder die Abänderungen, wobei zwar die Pflanze eine Abweichung von dem specifischen Typus zeigt, aber keine Störung der Symmetrie oder eine Veränderung der Funktionen ihrer Theile eingetreten ist, sie nur eine andere Symmetrie erhalten, in Folge deren ihr Ansehen anders als bei der normal entwickelten Pflanze ist. Im zweiten Fall entstehen die essentiellen Bildungsabweichungen oder die Verbildungen, wobei stets eine Störung der Symmetrie und zugleich der Funktionen der Pflanze vorhanden ist. Zu den habituellen Bildungsabweichungen gehören alle Abarten und Spielarten der Pflanzenspecies und die Bastardpflanzen, zu den essentiellen Bildungsabweichungen alle mit dem Namen Mißbildungen bezeichneten ungewöhnlichen, die Symmetrie der Pflanzen mehr oder weniger störenden Abnormitäten, die wiederum in zwei Abtheilungen zerfallen, je nachdem ein Organ während seiner Entwicklung in ein anderes von bestimmter Gestalt und physiologischer Bedeutung umgebildet worden ist (regelwidrige Umbildungen) oder ein Organ oder ein größerer Theil der Pflanze oder auch der ganze Pflanzenkörper in Folge einer falschen Bildungsweise eine völlig fremdartige, bald regelmäßige, bald ganz unregelmäßige Gestaltung erhalten hat (Mißbildungen im engeren Sinn). Bei den regelwidrigen Umbildungen wird das mit einer Abnormität befallene Organ entweder in ein edleres, höheres und vollkommeneres Organ (regelwidrige Umwandlung) oder in ein niedrigeres, unvollkommeneres Organ (Rückwandlung) verwandelt, bei den Mißbildungen finden sich entweder regelwidrige Verwachsungen oder regelwidrige Trennungen von bei normaler Entwicklung getrennten oder verwachsenen Organen oder regelwidrige Verminderungen oder Vermehrungen von Organen oder völlige Verunstaltungen von Organen, Pflanzentheilen und dem gesammten Pflanzenkörper. Ueberblicklich lassen sich die sämmtlichen Bildungsabweichungen folgender Maßen zusammenstellen:

A. Habituelle Bildungsabweichungen oder Abänderungen (Abnormitates habituales, demutationes);
  a. Abarten und Spielarten (varietates et variationes);
  b. Bastardpflanzen (plantae hybridae).

B. Essentielle Bildungsabweichungen oder Verbildungen (Abnormitates essentiales, deformationes);

a. Regelwidrige Umbildungen (metamorphoses abnormes);
α. Regelwidrige Umwandlungen (metamorphoses abnormes, sensu strict.);
β. Rückwandlungen (anamorphoses);
b. Mißbildungen (pseudomorphoses);
α. Regelwidrige Verwachsungen und Trennungen (concretiones et disjunctiones abnormes);
β. Regelwidrige Verminderungen und Vermehrungen (diminutiones et multiplicationes abnormes);
γ. Verunstaltungen (defigurationes, monstrositates).

A. Habituelle Bildungsabweichungen.

§. 204. Die Abart, varietas, ist eine Abänderung des specifischen Typus, in einer abweichenden, jedoch symmetrischen Entwicklung des ganzen Pflanzenkörpers oder einzelner Organe in der Weise bestehend, daß die charakteristischen Merkmale der Pflanzenspecies erhalten bleiben, während die Spielarten, variationes, verschiedene in geringen Veränderungen des Ansehens der ganzen Pflanze oder einzelner Theile bestehende Bildungsformen der Abarten sind. Ab- und Spielarten sind entweder constant, d. h. aus den Samen oder Knospen der abgeänderten Pflanze wieder erzeugbar, oder vorübergehend, d. h. sie geben sich bei den Tochterpflanzen nicht wieder kund; erstere werden vorzüglich durch innere, letztere stets nur durch äußere Einflüsse bedingt.

§. 205. Die Ab- und Spielarten lassen sich in Bezug auf Farbe, Ueberzug, Größe, Consistenz und Cohärenz in fünf Gruppen ordnen:

1) Abänderung der Farbe findet entweder an der ganzen Pflanze durch blässer oder dunkler Grün, Roth, Gelb u. s. w. oder bloß an einzelnen Organen, besonders an Blättern und namentlich an den Blumenblättern statt und ist bei der Naturpflanze vorzugsweise Folge der Einwirkung des Lichtes, bei den Kulturpflanzen durch veränderte Nahrung bedingt.

2) Abänderung des Ueberzuges zeigt sich entweder in der Verminderung oder auch in dem gänzlichen Verschwinden des bei der typischen Pflanzenform vorhandenen oder in dem Auftreten von Haaren, welche bei den typischen Pflanzen und deren Theilen fehlen oder nur in geringerer Menge vorhanden sind; diese Abänderungen scheinen durch verschiedene Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnisse bedingt zu sein.

3) Abänderung der Größe zeigt sich sowohl in allen, als auch in einzelnen Theilen der Pflanze, und scheint durch zu reichliche oder zu kümmerliche Nahrung bedingt zu sein.

4) Abänderung der Consistenz, als Erweichung oder Erhärtung des Gewebes, findet sich weniger in dem ganzen Pflanzenkörper als in einzelnen Organen; die Erweichung rührt vorzugsweise von übermäßig vorhandener und chemischer Veränderung der Nahrung, die Erhärtung von intensiver Beleuchtung, trocknem kieselerdehaltigem Boden und freiem, dem Wind zugänglichen Standort her.

5) Abänderung der Cohärenz zeigt sich nur an den Blattorganen als eine Zertheilung oder Zerspaltung ursprünglich ganzrandiger Blätter und ist eine Folge innerer Einflüsse.

§. 206. Die Bastardpflanzen lassen sich in vielen Fällen dadurch erzeugen, daß der Blüthenstaub eines Pflanzenindividuums auf die Narbe eines anderen, einer anderen Art angehörenden Individuums gebracht wird und die Samen der so durch Kreuzung befruchteten Pflanzen dem Keimungsproceß unterworfen werden. Die sich hierbei entwickelnde Pflanze unterscheidet sich wesentlich von beiden Stammpflanzen und ist wohl durch Knospen, aber nicht durch den Samen fortpflanzbar, indem aus diesem stets eine der Stammpflanzen entwickelt wird. Die Bastarderzeugung wird nicht allein künstlich, sondern auch natürlich in Folge von Wind und des Herumfliegens von Insekten auf verschiedene Pflanzen ausgeführt, findet nicht allein bei den Samenpflanzen, sondern auch auf eine noch unbekannte Weise bei den Moosen und Farrn statt und zeigt sich meist zwischen Arten derselben, seltner zwischen Arten verschiedener Gattungen.

B. Essentielle Bildungsabweichungen.

a. Regelwidrige Umbildungen.

§. 207. Abnorme vorwärts schreitende Metamorphose ist eine seltne Erscheinung und besteht darin, daß ein Organ niederer Ordnung in ein Organ einer höheren Ordnung verwandelt wird. Sie kommt bisweilen bei der Entwicklung der Knospen und besonders der Blüthentheile vor und es werden dabei Laubknospen in Blüthen, Laubblätter in Deckblätter und Blüthenblätter, Kelchblätter in Blumenkronenblätter, diese in Staubgefäße und diese in Fruchtblätter verwandelt, wobei die abnorm entwickelten Organe zugleich mehr oder weniger monströs gebildet zu sein pflegen.

§. 208. Anamorphosen oder Umbildungen von Organen höherer Ordnung in solche einer niedrigeren Ordnung finden sich weit häufiger und kommen sowohl bei Axen- als auch bei Blattorganen, bei letzteren am häufigsten vor. Sie können in Anamorphosen einzelner Arten von Blatt- und Axenorganen und in Anamorphosen der Knospen unterschieden werden. Unter ersteren sind besonders anzuführen:

1) Die Umbildung von Laubblättern und Nebenblättern in Ranken durch Fehlschlagen der Blattfläche und Verlängerung des Blattstieles oder der Mittelrippe;
2) die Umbildung der Deckblätter, Kelchblätter, Blumenkronenblätter, Staubgefäße oder Pistille in Laubblätter (Vergrünungen);
3) die Umbildung der Pistille, Staubgefäße oder Blumenblätter in Kelchblätter;
4) die Umbildung der Geschlechtsorgane in Blumen- oder Blüthenhüllenblätter (Blumenfüllung);
5) die Umbildung der Pistille in Staubgefäße;
6) die Umbildung der Blumenblätter und Staubgefäße in Schuppen und Haare;
7) die Umbildung der Blüthenstiele in Ranken;
8) die Umbildung der Blüthenstiele, Blattstiele und Nebenblätter in dornartige Gebilde;
9) die Umbildung der Staubgefäße und Pistillen in Drüsen, und

10) die Umbildung der Fruchtknoten in Zwiebelknospen; entwickeln sich diese noch während ihrer Verbindung mit der Mutterpflanze, so werden diese abnorme lebendig gebärende Pflanzen, plantae viviparae, genannt.

Die Anamorphosen der Knospen zeigen sich durch Umbildungen von Laub- oder Blüthenknospen in Zwiebelknospen oder Knollenknospen und durch Umbildungen von Blüthenknospen in Laubknospen, welche letztere Anamorphose ungemein häufig vorkommt und Chlorantia genannt wird; die Ursache dieser Umbildung ist unbekannt, scheint jedoch in gewissen Fällen durch übermäßige Ernährung, in anderen Fällen durch Insektenstiche veranlaßt zu sein, welche letztere die sog. Zapfenrosen an Weiden, Eichen und Fichten veranlassen, die nichts anderes als in kleine schuppenförmige Laubblätter verwandelte Deckblätter und Geschlechtsorgane sind.

b. Mißbildungen.

§. 209. Die Verwachsungen finden sich 1) bei den Blattorganen und zwar zwischen gleichartigen Blättern und Blattwirteln oder zwischen ungleichartigen Blättern und Blattwirteln, 2) bei den Axen und 3) bei den Knospen, Blüthen und Früchten, welche drei letzteren Verwachsungen Synophthie, Synanthie und Syncarpie genannt wird. Stets sind mit der abnormen Verwachsung sehr bedeutende Störungen der Symmetrie und der Funktion der Organe verbunden und gewöhnlich treten gleichzeitig abnorme Verkümmerungen oder Vergrößerungen einzelner Organtheile ein, wodurch die Form der verwachsenen Organe mannichfach abgeändert wird. Die bald weniger bald mehr stattgefundene Verwachsung ist nicht selten eine so innige Verschmelzung der verwachsenen Organe, daß man keine Grenze zwischen denselben auffinden kann; sie wird dann Symphysie genannt.

§. 210. Die Trennungen erscheinen entweder als Zertheilung von ursprünglich ganzen Organen in mehrere unvollständige Organe, wohin die zerspaltenen und zertheilten Staubgefäße und Pistille, die Verwandlung der Röhrenblüthen im Blüthenboden heteromorpher Blüthenkörbchen in Zungenblüthen durch einseitige Aufschlitzung der Corollenröhre gehören, oder als Sonderungen ursprünglich verwachsener Organe, unter denen insbesonders die Sonderung eines zusammengesetzten Blattpistills in einzelne Fruchtblätter am häufigsten vorkommt.

§. 211. Die Verminderungen von Organen werden durch Verkümmerung oder Fehlschlagen und zwar meist in Folge zu geringer Ernährung veranlaßt und zeigen sich besonders bei den verschiedenen Blattorganen, seltner bei den Axen und hier besonders nur bei den Nebenaxen. Die Vermehrungen von Organen können durch abnorme Metamorphosen und durch Anamorphosen, oder durch abnorme Zertheilungen, oder durch wirkliche Vermehrung veranlaßt sein, und zeigen sich bei den Blattorganen, wo sie bei den Laubblättern die Blattwucherung benannt, bei den Knospen (Sprossung) und bei den Axengebilden.

§. 212. Die Monstrositäten oder willkürlichen Gestaltsveränderungen bestehen darin, daß ein Theil oder der ganze Körper der Pflanze durch eine falsche Bildungsweise, eine völlig fremdartige,

jedoch weder von einer abnormen Metamorphose oder Anamorphose, noch von einer Trennung oder Verwachsung erklärt werdende Form annimmt. Sie beruhen vorzüglich auf einer abnormen und gewöhnlich höchst unregelmäßig erfolgten Verminderung oder Vermehrung des Volumens, auf willkürlicher Streckung, Drehung, Faltung u. s. w. Bei Verminderung des Volumens verkümmert der befallene Pflanzentheil und wird, da dieses stets nur theilweise stattfindet, mißgestaltet; die Vermehrung findet entweder nur einseitig oder nach allen drei Richtungen und zwar bald an allen, bald nur an einzelnen Punkten statt, wobei oft die merkwürdigsten Mißbildungen erzeugt werden. Die mit Verminderung des Volumens verbundenen Monstrositäten werden durch kümmerliche Nahrung begünstigt, und zeigen sich bald an einzelnen Blättern, bald an ganzen Blattwirteln, und finden sich am häufigsten bei den Blumenblättern, Staubgefäßen und Pistillen. Die Vergrößerungen sind zum Theil durch zu reichliche Nahrung, zum Theil durch Insektenstiche veranlaßt; sie finden sich sowohl an einzelnen Blättern, als auch an ganzen Blattwirteln. Die merkwürdigste der an vielen oder an allen Punkten des Organs ausgehenden Vergrößerung ist die sog. Pelorienbildung, welche sich an verschiedenen Scrophularineen und Labiaten findet und darin besteht, daß die normal unregelmäßigen Blüthen in Folge eines besonderen Entwicklungsprocesses in regelmäßige Blüthen übergeführt werden, welche oft nicht die geringste Aehnlichkeit mit der ursprünglichen Form der Blüthe haben; manche solcher Pelorien pflanzen sich durch Samen fort. Auch an den Axen finden sich Monstrositäten in Folge von Veränderungen des Umfanges oder der Richtung. Da nur selten eine essentielle Bildungsabweichung allein auftritt, sondern mehrere derselben zusammenwirken, so findet mit der abnormen Metamorphose und der Anamorphose auch eine monströse Bildung des umgewandelten Organs statt, wodurch die sog. combinirten Monstrositäten erzeugt werden.

Zweite Abtheilung.

Lehre von den Krankheiten der Pflanzen. Nosologie.

§. 213. So wenig die Natur der in der gesunden Pflanze vor sich gehenden chemischen Processe bekannt ist, so wenig kennt man die Vorgänge, denen zu Folge abnorme Veränderungen in den Zellen stattfinden, die physiologische Thätigkeit, die Lebensfähigkeit der Zelle und des gesammten Organismus gestört und Krankheiten der Pflanzen hervorgerufen werden, in deren Verlauf sie in ihrem Inneren geschwächt und oft dem Absterben zugeführt werden. Die wahre Aufgabe der Nosologie, die Veränderungen zu erforschen, welche die im Inneren der Pflanze stattfindenden chemischen Processe erleiden, die Ursache zu ermitteln, welche diese Veränderungen veranlassen, und nachzuweisen, inwiefern durch die Aenderung der chemischen Thätigkeit der Zelle die bildende und überhaupt die physiologische

Thätigkeit der Zelle und des Gesammtorganismus abgeändert und vernichtet wird, ist noch ganz ungelöst, und jetzt ist es nur möglich, eine Schilderung der Krankheitssysteme und eine wissenschaftliche Zusammenstellung der verschiedenen Krankheitsformen zu geben.

§. 214. Die Krankheiten der Pflanzen sind wie die der Thiere theils durch an der Oberfläche entstehende Geschwülste, Auswüchse, verschieden gefärbte erhabene oder vertiefte Flecken, Zerstörung des Zellgewebes u. s. w., wobei die Außenfläche der Pflanzen eine wesentliche Gestaltsveränderung erleidet, theils durch allgemeines Erschlaffen des ganzen Körpers oder einzelner Theile mit Bleich-, Gelb-, Braun- oder Schwarzwerden verbunden, durch vorzeitiges Abfallen der peripherischen Organe, durch Ausschwitzungen von Säften u. s. w., wobei der Sitz der Krankheit vorzugsweise in den inneren Geweben ist, zu erkennen und werden hiernach in äußere und in innere Krankheiten unterschieden; die ersteren sind die minder gefährlichen, während die letzteren meist eine Zerstörung des Zellgewebes zu Folge haben und dadurch das Absterben der Pflanzen veranlassen.

A. Aeußere Krankheiten.

§. 215. Viele äußere Krankheiten der Pflanzen werden durch Insekten veranlaßt, indem diese mit ihrem Legestachel die Oberhaut und die zunächst darunterliegenden Parenchymschichten durchbohren und in die entstandenen Wunden ihre Eier legen. Es beginnt an der Stelle in Folge des Stiches, wohl auch in Folge des ergossenen scharfen Saftes eine Wucherung des Parenchyms, woraus ein Auswuchs von verschiedener Größe, Consistenz und Gestalt entsteht. Ist dieser sehr groß, so wird das betroffene Organ völlig degenerirt und zur Vollziehung seiner Funktion unfähig gemacht; findet er sich nur an einzelnen Theilen des Organismus, so leidet die Gesundheit der Pflanze wenig oder gar nicht; entstehen jedoch viele Auswüchse auf vielen Stellen, wie z. B. auf allen Blättern einer Pflanze, so wird der Ernährungsproceß wesentlich verändert und jene kann absterben. Man unterscheidet:

1) Verkrüppelungen, peromata, die in Form monströser Drehungen, Verzerrungen, Zusammenrollungen, Aushöhlungen u. s. w. der angestochenen Organe besonders an Blättern und jungen Trieben auftreten;

2) Geschwülste, Oedemata, finden sich als compacte Warzen, Knoten in faustgroßen Massen und sind oberflächlich mit zottigen, haarähnlichen Läppchen bekleidet, wohin die durch den Stich von Cynips Rosae erzeugten Rosenschwämme, Rosenäpfel, Schlafäpfel, Moosrosen oder Bedeguare und der an den Weiden durch den Stich von Cynips strobili erzeugte, als durcheinander gewirrte fleischige Fasern erscheinende Weichselzopf oder Wirrzopf gehören;

3) blasige Auftreibungen, emphymata, erscheinen als hohle, lufterfüllte Blasen von verschiedener Form und Größe;

4) Fleischgewächse, Sarcomata, finden sich als enorme fleischige oder feste Auswüchse insbesondere an dem Fruchtknoten; sie untergraben

unter allen diesen Krankheiten die Gesundheit und die Lebensfähigkeit der Pflanzen am meisten; und

5) Gallen, Gallae, sind Auswüchse mit festen, im Alter oft völlig verholzten Wänden in mannichfaltiger Form und finden sich an Blättern, Stielen, Blüthentheilen, Früchten, Knospen und jungen Aesten; hierher gehören die bekannten Galläpfel und Knoppern (vergl. Bd. 1. S. 573—577).

§. 216. Als Ausschlagskrankheiten oder Exantheme der Pflanzen werden von manchen Physiologen diejenigen Krankheitsformen bezeichnet, die in Folge der Bildung von Staub-, Schimmel- oder Kernpilzen in den Oberhautzellen oder in den unter der Oberhaut liegenden Parenchymschichten oder auch noch tiefer im Gewebe entstehen. Diese Pilze, welche später gewöhnlich die Oberhaut durchbrechen und ihre Sporenfrüchte und Sporen an der Oberfläche der Pflanzen entwickeln, schwächen durch die Zerstörung des Zellgewebes und durch die Veränderungen, die sie im Zellensaft verursachen, die Lebensfähigkeit bedeutend und führen gewöhnlich das Erkranken, häufig auch den Tod oder doch wenigstens das Absterben des von ihnen befallenen Pflanzentheils herbei. Wo die Pilze sich oberflächlich entwickeln oder durch die Oberhaut treten, da erscheint die Pflanze weiß, gelb, roth, braun oder schwarz punktirt, gefleckt, gestreift u. s. w. und zerrissen oder emporgehoben, und gleichzeitig zeigt sich häufig eine allgemeine Verfärbung des degenerirten Pflanzentheils. Manche dieser Krankheiten, die von den Oekonomen unter der allgemeinen Bezeichnung Rost sehr gefürchtet werden, richten mitunter große Verheerungen in der Pflanzenwelt an, wie z. B. die, welche in Folge der Bildung von Pilzen mit weit verzweigtem Polster im Inneren der Pflanze oder von Staubpilzen, die wie bei dem Weizen den sog. Schmierbrand veranlassend, gar nicht an der Außenfläche des betroffenen Pflanzentheils erscheinen. Uebrigens dürfen diese Krankheiten nicht durchgehends von der Bildung der Pilze u. s. w. abgeleitet werden, sondern diese selbst ist oft erst das Resultat eines abnormen Zustandes des Pflanzenorganismus; die wichtigsten sind:

1) Der Brand, ustilago, welcher in Form eines dunkel gefärbten Pulvers im Inneren der Pflanzentheile besonders bei den Gräsern und namentlich bei den Cerealien erscheint und in Flugbrand (Staubbrand, Nagelbrand, Rußbrand, Ruß), der unter den Getreidearten besonders den Hafer, Roggen und Weizen befällt, durch Ustilago segetum veranlaßt wird, als ein schwarzbraunes, staubartig trocknes Pulver innerhalb der Blüthen auftritt und stets das Parenchym der Blüthentheile völlig zerstört, und in Schmierbrand (Steinbrand, Faulbrand, Kornfäule, Faulweizen, geschlossener Brand), der ein violett schwarz gefärbtes Pulver von unangenehmem Geruch bildet, besonders die Ovarien des Weizens und Dinkels befällt und zerstört und durch Tilletia Caries Tul. (Uredo Caries Dec.) gebildet wird, zu unterscheiden ist;

2) der Rost, rubigo, welcher durch verschiedene Pilze der Gattungen Uredo, Puccinia, Uromyces und Phragmidium veranlaßt wird, kommt häufiger als der Brand vor, ist jedoch weniger nachtheilig,

da die Pilze mehr oberflächlich entwickelt werden, und erscheint in der Form rostfarbener Flecke auf der Oberfläche der davon befallenen Pflanzentheile;

3) der Mehlthau, albigo, und der Rußthau, Fumago, sind durch Fadenpilze aus den Gattungen Erysiphe, Botrytis und Torula (die sämmtlich im Inneren der Pflanze entstehen, aus den Spaltöffnungen hervorwachsen und die Oberfläche mehr oder weniger dicht mit einem feinen Fadengeflechte von weißer oder schwarzer Farbe überziehen) veranlaßte Exantheme; manche Wurzeln, Rhizome, Zwiebeln und Knollen überziehen sich und zwar bisweilen in großer Ausdehnung mit einem dicken, stark verfilzten, hellroth, dunkelroth oder violett gefärbten Fasergewebe, welches das Absterben der befallenen Pflanzentheile veranlaßt und aus verschiedenen Arten der Gattung Rhizoctonia besteht. Auch die in der neuesten Zeit so verheerend auftretende Traubenkrankheit wird durch zwei Fadenpilze und besonders durch Oidium Tuckeri Berk. veranlaßt; dieser Pilz überzieht die Beeren, Blätter und Ranken in Form eines bleigrauen Mehls und veranlaßt ein Einschrumpfen und Verfaulen der Beeren; seine Erscheinung ist stets mit der Zersetzung des Zuckerstoffs in den Zellen verbunden. Der zweite seltnere Pilz ist Ampelomyces quisqualis Ces., der den davon befallenen Reben im Inneren ein ganz schwarzes, wie verkohltes Ansehen ertheilt. Beide Pilze veranlassen die Traubenkrankheit und sind nicht Resultate eines krankhaften Zustandes;

4) die Clavenbildung, clavi, cornua, wird durch einen noch zweifelhaften Pilz (Sclerotium Clavus Dec.) veranlaßt, und findet sich bloß bei den Gräsern; sie besteht in einer Degeneration der Frucht, die in diesem Zustand horn- oder stabförmig, meist gekrümmt und äußerlich dunkelbraun oder violett, innerlich weiß und feucht erscheint. Das Mutterkorn (vergl. Bd. 1. S. 582—584) ist die häufigste Clavenbildung.

B. Innere Krankheiten.

§. 217. Die Pflanzen sind vermöge der Unbeweglichkeit von ihrem Standort und in Folge der Benutzung einzelner Theile derselben von Menschen und Thieren, so wie durch Naturereignisse den mannichfaltigsten Verletzungen ausgesetzt, wodurch nicht selten ein bedeutender Substanzverlust herbeigeführt wird. Trotzdem verlieren nur wenige Pflanzen bei derartigen Verletzungen ihre Lebensthätigkeit, vielmehr wird diese oft auf einer gewissen Stelle gesteigert, so daß z. B. abgebissene, abgeschnittene oder abgebrochene Zweige und oberirdische Stengel durch Knospenbildung ersetzt werden, geknickte Stengel und Zweige unter Bildung einer harten Geschwulst an der geknickten Stelle fortvegetiren, Verwundungen der Stengel und Stämme, wenn sie nicht zu groß und zu tief sind, durch neu entstehendes Zellgewebe geschlossen werden oder vernarben. Wenn jedoch in den verwundeten oder auf den angebrochenen, abgeschnittenen u. s. w. Stellen Wasser sich ansammeln und auf den bloßgelegten Zelleninhalt lösend wirken

kann, wird in Folge der Bestandtheile desselben und bei günstigen Wärmeverhältnissen eine Gährung hervorgerufen, welche auf die Zellensubstanz selbst übergeführt und so ein Erkranken und ein allmähliges Absterben eingeleitet wird. Weit nachtheiliger sind die Folgen des Abnagens der Blätter, jungen Zweige und Wurzeln durch Nagethiere und Insekten, indem dann die Einathmung der Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft und die Aufsaugung der flüssigen Nahrungsmittel aus dem Boden mehr oder minder gestört oder auch unterbrochen wird und die Pflanze erkranken oder auch absterben muß. Aehnliche Erscheinungen veranlassen Spinnen durch Ueberziehen der Blätter mit dicht gefilztem Gewebe, wodurch der Zutritt der Luft und dadurch die Einsaugung der Kohlensäure verhindert wird, oder die Blatt- und Schildläuse, die durch ihren Saugstachel den jungen grünen Pflanzentheilen den Nahrungssaft entziehen. Am nachtheiligsten und gefährlichsten für die Pflanzenwelt sind aber gewisse Insekten, die sich in die Rinde der Bäume einbohren, um die Eier darin zu legen, welche nach ihrer Entwicklung zu Larven oder vollkommenen Käfern von dem saftigen Gewebe der Rinde, des Cambiums und des Holzes leben und dasselbe zerstören, wobei sie labyrinthische, oft tief in das Holz eindringende Gänge unter der Rinde aushöhlen und dadurch das Auf- und Absteigen des Nahrungssaftes hemmen oder gänzlich verhindern, in Folge dessen der Baum erkrankt und zuletzt verdorrt, wodurch ganze Waldungen vernichtet werden können.

§. 218. Die Schmarotzerpflanzen, welche in ächte und unächte zerfallen, sind für die Pflanzen, auf denen sie wachsen, mehr oder minder nachtheilig. Besonders sind die ächten Schmarotzerpflanzen gefährlich für andere Pflanzen, indem sie vermöge ihrer organischen Gestaltung entweder den Axen oder den Wurzeln den Saft entziehen und, wenn sie in größerer Anzahl auf einer Pflanze vorhanden sind, durch diese Entziehung des Nahrungssaftes die Lebensthätigkeit derselben stören oder auch gänzlich unterbrechen. Weniger gefährlich sind die unächten Schmarotzerpflanzen, da diese auf anderen Pflanzen nur wohnen und durch besondere Organe aus der atmosphärischen Luft ihre Nahrung einsaugen; nur dann, wenn sie sich auf ein und derselben Pflanze sehr vermehren und deren Oberfläche mehr oder minder überziehen, können sie dadurch nachtheilig wirken, daß sie in Folge ihrer Ausbreitung und der dadurch bedingten Ansammlung von Feuchtigkeit, Erde u. s. w. den Respirationsproceß d. h. die naturgemäße Einsaugung der Nahrungsstoffe aus der Luft und die Ausdünstung des Wassers und des Sauerstoffes theilweise oder gänzlich unterbrechen.

§. 219. Durch krankhafte Saftausflüsse können die Pflanzen nach und nach so entkräftet werden, daß sie absterben. Die hauptsächlichsten hierher gehörenden Krankheiten, welche die Sekretionskrankheiten genannt werden, sind:

1) der Honigthau, melligo, eine Krankheit, die jedenfalls durch eine abnorme Sekretion der Pflanzen veranlaßt wird (nach anderen Ansichten soll der Honigthau eine Absonderung der Blattläuse, nach anderen ein atmosphärischer Niederschlag sein) und sich dadurch kund giebt, daß die Pflanze im Sommer, bisweilen auch schon im Früh-

ling bei heißem Wetter mit einem zuckerhaltigen, dickflüssigen, klebrigen, theils firnißartigen, theils tropfenförmigen Saft bedeckt ist, der die Respiration und deßhalb die Lebensthätigkeit der Pflanze mehr oder weniger unterbricht.

2) Der Mannafluß ist eine ganz normale Erscheinung an allen Manna (vergl. Bd. 1. S. 675) enthaltenden oder ausschwitzenden Pflanzen, wird aber mitunter aus unbekannten Ursachen so stark, daß er eine allgemeine Schwächung der Pflanze und deren Absterben zu Folge haben kann.

3) Der Gummifluß ist ebenfalls bei vielen Pflanzen normal, kann aber bei zu reichlicher und reizender Nahrung dieselben Folgen wie der übermäßige Mannafluß haben.

4) Der Harzfluß ist eine abnorme Bildung von Harz in solchen Pflanzentheilen, die im normalen Zustande kein Harz enthalten, mit gleichzeitiger Ausschwitzung des in den harzführenden Theilen im Uebermaaß enthaltenen Harzes, eine besonders bei den Coniferen vorkommende, nicht aber mit dem normalen Harzausfluß zu verwechselnde Krankheit, bei welcher das Absterben der Bäume von oben herab erfolgt.

5) Die Wassersucht, hydrops, welche in Folge lang anhaltender Nässe und Kälte zu entstehen scheint, giebt sich an Bäumen durch reichliches Ausfließen einer wässerigen Flüssigkeit aus Spalten der Rinde kund, wobei sich diese abblättert und selbst nach und nach der Holzkörper bloßgelegt wird; steigert sich dieses Ausfließen zu sehr, so fallen die Blätter ab, die Blüthenentwicklung wird unterbrochen oder unterdrückt und etwaige Früchte erweichen, werden wässerig und enthalten keine keimungsfähige Samen.

§. 220. Bisweilen findet bei den Pflanzen, trotz vollständiger Entwicklung der Geschlechtsorgane, statt, daß sie, wie häufig bei den Obstbäumen, keine oder nur krankhafte Früchte oder keine keimfähigen Samen hervorbringen; man nennt diesen Zustand die krankhafte Unfruchtbarkeit, sterilitas, und kann sie meist von schlechtem Boden, also von schlechter Nahrung ableiten. Eine gleiche Ursache hat der vorzeitige Blätterfall, defoliatio praematura, bei Topfgewächsen auch durch Mangel an frischer Luft und an Licht veranlaßt; diese krankhafte Erscheinung verursacht ein baldiges Vertrocknen der Knospen und zuletzt der ganzen Pflanze und kann durch Versetzen der Pflanze in besseren Boden und in atmosphärische Luft und Licht, so wie durch gleichzeitiges Abschneiden der entblätterten Aeste gehoben werden. Beide Krankheitsformen lassen sich daher atrophische nennen. Bisweilen zeigen sich auf den Blättern, Stengeln und anderen Theilen der Pflanzen weiße, gelbe, braune, rothe Flecke, ohne daß eine Zerstörung des Zellgewebes oder eine Bildung von Pilzen stattfindet; man nennt diese Krankheitsform, welche den Pflanzen nur wenig schadet, die Fleckenkrankheit. In anderen Fällen findet eine gelbgrüne oder weißliche Verfärbung der ganzen Pflanze statt, welche Krankheitsformen die Gelbsucht, icterus, und die Bleichsucht, chlorosis, genannt werden und die Pflanzen schwächen, ohne jedoch die Lebens-

fähigkeit aufzuheben. Da diese drei Krankheiten sich bloß aus einer Entmischung des Chlorophylls erklären lassen, so werden sie Entmischungskrankheiten genannt.

§. 221. Die gefährlichsten Krankheiten für die Pflanzen sind diejenigen, welche aus einer aus unbekannten Ursachen entspringenden Zerstörung der Zellen im Inneren der Pflanzen bestehen, stets mit einer Umwandlung des Zellstoffes beginnen und bald in kürzerer, bald in längerer Zeit mit dem Tode der Pflanze enden; sie werden die Desorganisationskrankheiten genannt, von denen als die wichtigsten und häufigsten die Brandfleckenkrankheit, die Ringelsucht und der innere Brand anzuführen sind.

1) Die Brandfleckenkrankheit giebt sich auf den Blättern durch die Bildung brandiger, aus abgestorbenem, vertrocknetem und theilweise zerstörtem Zellgewebe bestehender Flecken zu erkennen, zeigt sich vorzüglich an den Bäumen und deutet auf ein tiefes inneres Leiden; sie führt langsam aber sicher in Folge des gestörten Ernährungsprocesses den Tod herbei.

2) Die Ringelsucht, auch Ringelkrankheit oder Hyacinthenpest benannt, ist eine den Hyacinthenzwiebeln eigenthümliche Krankheit, welche dieselben gänzlich zerstört und oft ganz epidemisch auftritt. Sie zeigt sich in Form rother Flecken, die aus abgestorbenem Zellgewebe, dessen Zellen mit einer klebrigen Jauche angefüllt sind, bestehen. Diese Flecken bilden sich zuerst auf dem Zwiebelkuchen, verbreiten sich aber bald über die Zwiebelschuppen und ergreifen zuletzt auch die Zwiebelknospen, während dem die ganze Zwiebel übergeht; die während der Krankheit getriebenen Blätter erscheinen unregelmäßig, oft spiralig gekrümmt und der Blüthenschaft fault bald in der Tiefe ab.

3) Der Brand, sphacelus, besteht in einem völligen Absterben und Verwesen des Zellgewebes im Innern der Wurzeln, Knollen und Stämme und tritt in zwei Formen auf. Der trockne Brand, sphacelus siccus, necrosis, befällt vorzugsweise den Holzkörper der Bäume; das Zellgewebe stirbt ab und vertrocknet, wird dabei häufig kohlschwarz, und zuletzt findet eine Zerstörung der Zellen und Verwandlung derselben in ein trocknes gelbes, braunes oder schwarzes Pulver statt. Auf dieser von den Forstleuten die Kernfäule benannten Krankheit beruht das Hohlwerden der Bäume und jene unterscheiden nach der weißen oder dunklen Farbe des Pulvers die Weißfäule und die Rothfäule. Als Ursache dieser Krankheit kann man eine durch das Alter geschwächte Lebensthätigkeit betrachten; sie beginnt mit einer Umwandlung des Zellstoffes in Bassorin, schreitet nur langsam vorwärts und beeinträchtigt, da sie nur die bereits todten Zellen, die Holzzellen, befällt, nicht die Funktion des vegetirenden Theiles. Nur durch zu starkes Hohlwerden oder bei gänzlicher Zerstörung des Holzkörpers kann oder muß ein Ab- oder Zusammenbrechen des Baumes in Folge der oberen Last oder starker Windströmungen stattfinden. — Der nasse Brand befällt bloß saftige, weiche, fleischige Pflanzentheile und besteht in einer schnell stattfindenden Fäulniß der Zellen, veranlaßt also auch einen raschen Tod. Er beginnt mit der Zersetzung des Zelleninhaltes mit gleichzeitiger Loslösung des Primordialschlauches von der Zellenmembran; die Cellulose wird in Bassorin, der Zelleninhalt in eine braune stinkende Jauche, welche sehr bald die Auflösung der Zellenmembran veranlaßt und sehr bald den

ganzen befallenen Pflanzentheil anfüllt, verwandelt. Im Verlauf der Krankheit bilden sich auch Pilze, besonders Fadenpilze. Aeußerlich wird diese Krankheit durch das Entstehen brandiger Flecken an den Blättern und Stengeln und durch deren baldiges völliges Verwelken namentlich bei der gefürchteten Kartoffelkrankheit erkannt, die sich stets zuerst im Zellgewebe der Knollen entwickelt und von hier aus auf die unterirdischen Axen verbreitet. Die Ursachen sind noch gänzlich unbekannt, so wie die bis jetzt dagegen vorgeschlagenen Mittel nicht ausreichend.

Zweite Hauptabtheilung.

Specielle Botanik.

§. 222. Die specielle Botanik betrachtet die einzelnen Pflanzen und die Lehren von der wissenschaftlichen Anordnung und Beschreibung derselben und die Lehren von den topographischen Verhältnissen der gegenwärtigen Pflanzendecke und der untergegangenen Vegetationen der Erde, umfaßt also die systematische und die topographisch-historische Botanik. Der vorliegende Zweck dieses Werkes erfordert zwar eine hinreichende Erörterung der Lehren, aber keine vollständige Aufführung aller Pflanzenarten, deren bis jetzt nach mäßiger Schätzung 120,000 bekannt sind, sondern nur derjenigen, welche entweder in einzelnen Theilen oder bestimmten Absonderungen als Heilmittel verwendet werden oder mit den Heilmittel gebenden Pflanzen verwechselt werden können. Ueberhaupt ist eine Kenntniß aller Pflanzen selbst für den Botaniker vom Fach unmöglich und auch zwecklos, da sich an wenigen Pflanzen die allgemeinen Gesetze studiren lassen und ein Ueberblick über die Entwicklungsstufen der Pflanzenwelt und ihrer Hauptformen gewinnen läßt. Wenn der Mediciner oder Pharmaceut alle für ihn wichtigen Pflanzen nach ihren hylologischen, besonders aber nach ihren histiologischen, morphologischen und physiologischen Verhältnissen genau kennt, so hat er das erreicht, was die strengsten Ansprüche von seinem Wissen in den Hülfswissenschaften verlangen.

Erster Haupttheil.

Systematische Botanik.

§. 223. Die systematische Botanik umfaßt nicht allein die Lehren über die constanten Formen, unter welchen der pflanzliche Organismus auftritt d. h. die Anordnung der Pflanzenarten nach übersichtlichen bestimmten Principien und die Beschreibung der bestimmten Regeln, nach denen dieselben zu unterscheiden sind, sondern auch die Kenntniß der Regeln und Gesetze, welche bei der Beschreibung, Unterscheidung und Anordnung der Pflanzenarten zu beobachten sind. **Sie zerfällt demnach in einen theoretischen Theil,** nemlich in die Anleitung zum Beschreiben und Anordnen der Pflanzenarten oder in die Lehre von den Gesetzen, die bei dem Beschreiben der Pflanzen zu beobachten sind, in die Psytographie

und in die Anleitung zum wissenschaftlichen Ordnen der Pflanzenarten oder in die Lehre von den Gesetzen, die bei der Unterscheidung der Pflanzenarten und bei der Aufstellung eines Systems der Pflanzen zu beachten sind, in die Taxonomie, von der die Systematologie oder die Lehre von der Aufzählung und Schilderung der Pflanzensysteme ein integrirender Theil ist, **und in einen praktischen Theil**, welcher, da seine Hauptaufgabe die Lehre von der Kenntniß der Pflanzenarten ist, die Pflanzenkunde oder beschreibende Botanik, phytognosia s. botanice desriptiva zu bezeichnen ist. Letzterer Theil beruht auf ersterem, weßhalb der theoretische Theil und zwar, da die Regeln der Pflanzenbeschreibung erst bei der Kenntniß der Principien, die der Klassification der Pflanzen zu Grunde liegen, verständlich sind, die Taxonomie vorerst erörtert werden muß.

§. 224. Bevor jedoch die Lehren des theoretischen Theils der systematischen Botanik erörtert werden können, muß der Begriff von Pflanzenart festgestellt werden. Pflanzenart, species, ist der Inbegriff aller Einzelpflanzen von gleicher Gestaltung und gleichen Lebenserscheinungen (nach Willkomm). Eine Art umfaßt diejenigen Einzelpflanzen, welche in der Gestaltung aller oder gewisser Theile so übereinstimmen, als ob sie von einem einzigen oder von mehreren einander ganz gleichen Individuen abstammten, und bei welchen auch durch die Fortzeugung das Gepräge ihres gleichen Ursprungs in gewissen unabänderlichen Merkmalen sich erhält (Bischoff). Zu einer Art gehören alle Individuen, die meist unzählbar und vergänglich sind, aber abgesehen von Ort und Zeit unter völlig gleichen Verhältnissen auch völlig gleiche Merkmale zeigen; welche Merkmale aber zur Aufstellung einer Art berechtigen, darüber herrscht großer Streit (Schleiden). Die Pflanzenart ist demnach streng von der Einzelpflanze oder dem Pflanzenindividuum zu unterscheiden und ein von der Gesammtheit vieler Einzelpflanzen abgeleiteter Begriff, nichts Wirkliches. Insofern die Einzelpflanzen einer Art dieselbe Gestaltung besitzen, also bei ihnen der vegetabilische Organismus unter einer bestimmten constanten Form auftritt, wird von Willkomm auch die Art die Pflanzenform benannt, was jedoch zu Zweideutigkeiten führen kann, da in der speciellen Botanik unter diesem Ausdruck ganz andere Dinge verstanden werden.

Erster Abschnitt.

Anordnungslehre der Pflanzenarten. Taxonomie.

Erste Abtheilung.

Lehren über die wissenschaftliche Unterscheidung und Eintheilung der Pflanzenarten. Klassifikationslehre.

§. 225. Aus der Uebereinstimmung in der Anordnung und Form der Organe von gleicher Bedeutung entspringt ein allen Einzelpflanzen einer

Pflanzenart gemeinsamer Charakter, welcher der specifische Typus genannt wird. Da aber die Individuen einer jeden Pflanzenart ihren eigenthümlichen specifischen Typus haben, so giebt es so viele verschiedene specifische Typen als Pflanzenarten existiren. Diejenigen Einzelpflanzen, an welchen sich der specifische Typus als ein rein ausgeprägter erkennen läßt, werden typische Einzelpflanzen genannt. Durch gewisse Abweichungen des specifischen Typus entstehen die Abarten und Spielarten (vergl. §§. 204 u. 205). Bisweilen treten aber auch Einzelpflanzen einer Pflanzenart unter einer Gestalt auf, welche zwar eine andere als die der typischen Einzelpflanzen, aber nicht von solcher Bedeutung für die Bildungsabweichung ist, um hiernach jene Einzelpflanzen als eine Varietät zu betrachten. Solche leichte, meist durch klimatische Verhältnisse, durch Bodenbeschaffenheit und überhaupt durch äußere Einflüsse veranlaßte Abweichungen vom specifischen Typus werden die Formen genannt und die typischen Individuen einer Pflanzenart, welche viele Formen erkennen läßt, unter dem Namen der typischen, ächten oder ursprünglichen Form zusammengefaßt. Zeigen sich bei den Einzelpflanzen einer Pflanzenart zwei (seltner mehr) Formen, von denen man nicht ermitteln kann, welche als die typische zu betrachten ist, so werden beide als typische Formen oder als Typen der Species betrachtet, und man sagt von der betreffenden Pflanzenart, daß sie unter zwei (selten unter mehr) Typen erscheint; jede dieser Typen kann dann aber auch eine Anzahl Abarten, Spielarten und Formen haben. Besitzt eine Pflanzenart außer der typischen Form eine größere Anzahl von Varietäten oder Formen, von denen einzelne in gewissen Merkmalen übereinstimmen, so daß sich sämmtliche Varietäten oder Formen in einzelne mehr oder weniger scharf charakterisirte Gruppen bringen lassen, so werden diese Gruppen Unterarten, subspecies, genannt; sämmtliche Unterarten, Abarten, Spielarten und Formen zusammen bilden den Formenkreis der Pflanzenspecies, der bei manchen Arten sehr weit, bei anderen wieder sehr beengt ist; im ersten Fall giebt es gewöhnlich zahlreiche Formen, die sich nicht unter bestimmte Rubriken bringen lassen, sondern die Hauptformen und Varietäten mit einander verbinden und deßhalb Uebergangsformen genannt werden. Sehr viele Pflanzenarten treten aber in der Einzelpflanze nur mit der typischen Form auf und besitzen demnach keinen Formenkreis.

§. 226. Jede Pflanzenart zeigt gewisse, ihr eigenthümliche Merkmale, durch welche sie sich von anderen Pflanzenarten unterscheidet. Diese Merkmale, welche sich an allen Einzelpflanzen von jeder Form der Pflanzenart beständig zeigen, heißen die specifischen Merkmale, und ihr Gesammtausdruck wird der specifische Charakter genannt, welcher selbstverständlich bei jeder Pflanzenart ein anderer ist und dadurch den specifischen Unterschied zwischen den einzelnen Pflanzenarten begründet. Zeigen verschiedene Pflanzenarten sehr ähnliche specifische Charaktere, also einen geringen specifischen Unterschied, so werden sie verwandte Pflanzenarten genannt.

§. 227. Zeigen verschiedene Pflanzenarten eine Uebereinstimmung in der Gestaltung des Pflanzenkörpers, besonders der Blüthen- und Fruchttheile, und eine Aehnlichkeit in dem Habitus, so bilden sie zusammen eine

Pflanzengattung, genus (welche jedoch auch von einer einzigen Pflanzenart gebildet wird, wenn diese mit keiner anderen irgend eine Uebereinstimmung zeigt). Durch die Verwandtschaft dieser Gattungen (nach natürlichen Systemen) oder in Folge willkürlicher Merkmale (nach künstlichen Systemen) werden dieselben zu größeren Haufen zusammengelegt, welche verschiedene Namen, wie Familien, Ordnungen, Klassen und Abtheilungen, führen.

Die Pflanzenfamilie, familia, ist eine Vereinigung von Gattungen, welche durch übereinstimmende Merkmale der Blüthen- und Fruchttheile und auch durch eine gewisse Aehnlichkeit in dem Habitus ihrer Arten sich als verwandte zu erkennen geben (auch eine einzelne Pflanzengattung kann eine Familie bilden, wenn sie nicht mit einer anderen Gattung verwandt ist). Solche Familien, die eine gewisse allgemeine Uebereinstimmung in der Gestaltung der Fortpflanzungsorgane oder des Blüthenstandes oder auch der Vegetationsorgane ihrer Gattungen zeigen, mit anderen Worten solche, welche einander wiederum verwandt sind, d. h. einen gewissen, ihnen gemeinschaftlichen Charakter haben, bilden eine natürliche Ordnung, ordo naturalis (welche auch aus einer einzelnen Familie bestehen kann, wenn diese mit keiner anderen Verwandtschaft zeigt. Die künstliche Ordnung, ordo artificialis, unterscheidet sich von der natürlichen dadurch, daß man bei der Zusammenstellung der Gattungen nach einem demselben zwar gemeinschaftlichen, aber wenig bedeutenden Merkmal z. B. nach der gleichen Anzahl (oder dem Stand) der Griffel, Narben, Pistille, Staubgefäße willkürlich verfahren ist. Die natürlichen, wie die künstlichen Ordnungen werden entweder nach künstlichem System nach einem ihnen gemeinschaftlichen äußeren Merkmale oder nach dem natürlichen System nach einer oder mehreren ihnen gemeinschaftlichen Eigenschaften im Bau, nach der Entwicklungsgeschichte und nach dem Leben des Organismus in Klassen, classes, oder Abtheilungen, divisiones, getheilt. Manche Systematiker nehmen gar keine Ordnungen an, sondern vereinigen die Familien unmittelbar zu Klassen oder Abtheilungen; sind diese gleichzeitig angenommen, so bilden die Abtheilungen die höchste Kategorie des Pflanzenreiches.

§. 228. Zur Begründung des Gattungscharakters und des Unterschiedes der Gattungen werden seit Linné die Merkmale benutzt, welche die Gestaltung der Blüthen- und Fruchttheile darbieten. Diese reichen jedoch in vielen Fällen nicht aus, um die Gattungen scharf zu charakterisiren und von einander zu unterscheiden, während sie in anderen Fällen zu naturwidrigen Gattungen führen. Um diesen Uebelständen vorzubeugen, ist es nothwendig, daß noch andere generische Gattungscharakter maßgebend werden, die sich auf die morphologischen oder physiologischen Verhältnisse der Pflanzenarten beziehen, wie z. B. die Lebensdauer, der Wuchs, die gesammte Entwicklung der Axen- und Blattorgane und die Bildung des Blüthenstandes; jedoch muß in allen Fällen den Gestaltungsmerkmalen der Frucht- und Blüthentheile bei der Begründung des Gattungscharakters und Gattungsunterschiedes der erste Platz eingeräumt werden. Wenn sehr viele Arten zu einer Gattung vereinigt sind, so wird diese, um die Uebersicht und Bestimmung zu erleichtern, nach gewissen besonderen mehreren Arten eigenen Merkmalen in Untergattungen, subgenera, und Rotten,

sectiones, welche letztere den Untergattungen subordinirt sind und nöthigen Falles noch in kleinere Gruppen zergliedert werden, eingetheilt. Zur Charakterisirung der Untergattungen dienen gewöhnlich die Merkmale der Fortpflanzungsorgane, zu der der Rotten die Merkmale aller Organe. Haben mehrere Gattungen mehrere übereinstimmende Merkmale und namentlich einen gleichartigen Habitus, so werden sie verwandte Gattungen genannt. Bei verwandten Gattungen mit vielen Pflanzenarten zeigt sich wie bei den verwandten Pflanzenarten gewöhnlich, daß eine Anzahl der letzteren den zunächst verwandten Gattungen sehr ähnlich sieht und daß diese Arten durch andere Arten mit denjenigen verknüpft werden, welche als die eigentlichen Repräsentanten der Gattung durch die Darstellung des Gattungscharakters in seiner ganzen Reinheit und Vollendung betrachtet werden müssen; diese Arten können die Typen der Gattung, die typischen Arten genannt werden, und sie bilden mit den weniger ähnlichen Arten einen ganz ähnlichen Formenkreis der Gattungen, wie die formenreichen Arten.

§. 229. Zur Begründung des Familiencharakters und des Familienunterschiedes dienen gewisse, allen Gattungen einer Familie gemeinschaftliche Merkmale, welche theils von der Gestaltung, theils von der äußeren Form der Frucht, der Blumenkrone und überhaupt der Blüthenhüllen, des Blüthenstandes, der vegetativen Organe und dem Gesammtorganismus, ja sogar von der Lebensweise hergenommen sind; besonders sind die zu Familien vereinigten Merkmale in der Bildung der Blüthen und Früchte übereinstimmend, während der Habitus der Gattungen von untergeordnetem Werth ist, da oft eine Aehnlichkeit desselben bei ganz natürlichen Familien nicht wahrnehmbar ist. Die an Gattungen sehr reichen Familien werden sowohl hinsichtlich des Habitus, als auch gewisser anderer Merkmale in Gruppen, tribus, und diese, wenn sie sehr groß sind, in Untergruppen, subtribus, eingetheilt, wobei man gewöhnlich Merkmale der Reproduktions- oder der Vegetationsorgane oder auch beider Organklassen benutzt. Große Familien zeigen wie große Gattungen oder große Arten typische Gruppen und Uebergangsgruppen, so wie auch einen Formenkreis.

§. 230. Die Ordnungen der natürlichen Systeme sind, wenn nicht unter denselben nach der Aufstellung vieler Systematiker die Familien selbst verstanden werden, durch eine Anzahl von unmittelbar neben einander stehenden, nahe verwandten Familien gebildet, welche Familienvereine wiederum Unterklassen, diese Klassen und mehrere Klassen eine Abtheilung bilden (nach Reichenbach sind die Ordnungen unmittelbar Glieder von Klassen); bei den künstlichen Systemen bilden die Ordnungen, wenn diese überhaupt angenommen werden, stets unmittelbare Abtheilungen der Klassen. Da die natürlichen Ordnungen gewöhnlich nur aus wenigen Familien bestehen, so bedürfen sie meist keiner weiteren Eintheilung, während die künstlichen Ordnungen, welche nicht aus Familien, sondern aus Gattungen und zwar oft aus sehr vielen bestehen, in kleinere Gruppen eingetheilt werden müssen. Bei den natürlichen Ordnungen zeigen sich wiederum dieselben Verhältnisse in Beziehung auf Verwandtschaft, Typus und Formenkreis, wie bei den Familien, Gattungen u. s. w. Die Begründung der natürlichen Ordnungen beruht auf übereinstimmenden Merkmalen der

Familien im Bau und in der Bildung der Früchte, der Blüthen, des Blüthenstandes und der allgemeinen Verhältnisse der Vegetationsorgane, die der Unterklassen, Klassen und Hauptabtheilungen bei den natürlichen Systemen auf allgemeinen morphologischen, histiologischen und physiologischen Merkmalen.

Zweite Abtheilung.

Von den Pflanzensystemen. Systematologie.

§. 231. Von den Botanikern des Alterthums und Mittelalters wurde kein Versuch gemacht, die ihnen bekannten Pflanzen nach einem wissenschaftlichen Prinzip zu ordnen; sie classificirten dieselben höchstens nach ihren Heilkräften, giftigen Eigenschaften u. s. w. Das erste Pflanzensystem wurde von Cäsalpino zu Ende des sechszehnten Jahrhundert veröffentlicht; er theilte die Pflanzen nach den Merkmalen des Samens und der Frucht in 15 Klassen und berücksichtigte bereits die Lage und Richtung des Keims im Samen und die Stellungsverhältnisse der Blüthenhüllen zum Fruchtknoten, wodurch er, wenn auch unbewußt, die Hauptgrundzüge des natürlichen Systems entwarf. Ein Jahrhundert verging, ehe ein neuer Schritt für die Systematik gethan wurde; dieses geschah von Morison, dessen neues Pflanzensystem vom Jahr 1680 fast nichts Anderes war, als eine Erweiterung und neue Form des Cäsalpino'schen. Er, wie auch Rajus, Knaut und Boerhave in ihren Pflanzensystemen benutzten die Fruchtbildung als Eintheilungsprinzip der Hauptgruppen des Pflanzenreiches und begründeten, wie bereits auch Cäsalpino gethan hatte, jene aus dem äußeren Habitus und der Lebensdauer der Gewächse, wonach sie dieselben in Holzgewächse (Bäume, Sträucher und Halbsträucher) und Kräuter eintheilten. Aber bereits Rivinus gab diese letztere, ganz unwissenschaftliche Eintheilung auf und theilte die Pflanzen nach den Form- und Zahlenverhältnissen der Blüthe in 18 Klassen und diese nach den Merkmalen der Frucht wieder in Ordnungen, wodurch er das erste künstliche System von einiger Vollkommenheit schuf, das sich ein halbes Jahrhundert hindurch erhielt, bis Tournefort ein neues künstliches System veröffentlichte, das nach dem Dasein oder Mangel und im ersten Fall nach der Gestalt der Blumenkrone die Pflanzen in 22 Klassen eintheilte und diese Klassen in künstliche Ordnungen zergliederte. Blieb auch Tournefort bei der Eintheilung der Pflanzen in Holzgewächse und Kräuter, so erwarb er sich doch dadurch große Verdienste, daß er den Gattungsbegriff geschaffen und sämmtliche ihm bekannte Pflanzen als Arten in Gattungen geordnet hat. Wie bereits in der geschichtlichen Einleitung hinreichend hervorgehoben worden, ist Linné als der eigentliche Begründer des künstlichen Pflanzensystems zu betrachten. Er begründete weit strenger als Tournefort, der die heterogensten Pflanzenarten zu Gattungen gruppirt hatte, den Begriff von Pflanzenart und Pflanzengattung auf feste Charaktere und erkannte die Beziehungen unter den einzelnen Pflanzenarten, welche

eine innere, in ihrem ganzen Wesen begründete Verwandtschaft offenbaren. Sein im Jahr 1735 veröffentlichtes Pflanzensystem beruht auf den Verhältnissen der Geschlechtsorgane, weßhalb es auch das Sexualsystem genannt wird; es hat in einer modificirten Weise noch immer Geltung und wird so lange im Ansehen stehen, als es noch Wissenschaft giebt. Linné der Jüngere, Schreber und Wildenow, besonders aber Thunberg, Persoon, L. C. Richard, K. Sprengel und Cavanilles bemühten sich sehr, um die Vereinfachung des Linné'schen Systems, und namentlich Letzterer reducirte die 24 Klassen des Sexualsystems auf 15 und theilte alle Pflanzen in zwei Hauptgruppen, nemlich in Pflanzen mit freien und in solche mit verwachsenen Staubfäden. Nach Linné wurden noch andere künstliche Systeme von Gleditsch, Mönch, Allione und Gärtner aufgestellt, die wir in ihren Hauptgrundzügen in den §§. 25 und ff. angaben.

§. 232. Wenn auch Linné bei der Aufstellung seines Systems einen künstlichen Gang befolgte, so hatte er doch es durch und durch erkannt, daß dieses nicht der naturgemäße Weg sei, er ihn aber wegen der zu seiner Zeit noch sehr beschränkten Kenntniß der Pflanzenarten nicht durchgehends verlassen könne. Er erkannte sehr wohl die Verwandtschaft gewisser Pflanzengattungen und dieses brachte ihn dahin, die Bildung natürlicher Familien und die Anordnung solcher Familien nach ihrer Verwandtschaft zu versuchen, worüber er auch eine Reihe bearbeitet und mehrere Male verändert hat, bis er in seiner letzten Bearbeitung dieser Verwandtschaftsreihe 58 Familien aufstellte. Obgleich dieser Versuch nur ein unvollkommener war, so hat er doch gezeigt, daß Linné sein Sexualsystem nicht als das einzige maßgebende hielt und daß die natürliche Methode dasselbe dereinst verdrängen würde. Der erste, der eine rein natürliche Methode bei der Anordnung der Pflanzen befolgte, war Bernard de Jussieu, obgleich bereits einige Jahre früher Batsch und v. Oeder ähnliche Versuche zur systematischen Zusammenstellung der Pflanzenarten gemacht hatten. Alle späteren natürlichen Systeme basiren auf den von Jussieu aufgestellten Principien, und das von De Candolle ist eine durchgreifende Veränderung und sehr bedeutende Erweiterung des Jussieu'schen Systems. Seit dieser Zeit sind von Achille Richard, Agardh, Voigt, Bartling, John Lindley, Elias Fries, Perleb, Link, Oken, Ludwig Reichenbach, Schultz-Schultzenstein, von Martius, Unger und Endlicher, Willkomm und anderen Botanikern Systeme veröffentlicht worden, von denen diejenigen, welche sich eine allgemeinere Verbreitung erworben haben, unten aufgeführt werden.

§. 233. Von Linné wurden die Klassen seines Systems vorzugsweise durch die Staubblätter, die Ordnungen vorzugsweise durch die Stempel bestimmt, und die Pflanzen überhaupt in zwei Hauptgruppen, in solche mit deutlichen und in solche mit fehlenden Geschlechtsorganen getrennt, erstere aber noch nach besonderen Verhältnissen in Untergruppen getheilt, so daß das System in folgendem Schema ausgedrückt wird.

I. Pflanzen mit deutlich sichtbaren Geschlechtsorganen:
Plantae phanerogamae.

A. Zwitterblüthige od. Einbettige: Hermaphroditae, Monoclinae.

a. Staubblätter nicht mit einander verwachsen:

α. Staubblätter von gleicher Länge oder ohne bestimmtes Längenverhältniß:

αα. Nur mit Berücksichtigung der Zahl der Staubblätter:

1. Klasse. Monandria, Einmännige; mit 1 Staubbl. in einer Zwitterblüthe:
2. » Diandria, Zweimännige; » 2 » » » »
3. » Triandria, Dreimännige; » 3 » » » »
4. » Tetrandria, Viermännige; » 4 » » » »
5. » Pentandria, Fünfmännige; » 5 » » » »
6. » Hexandria, Sechsmännige; » 6 » » » »
7. » Heptandria, Siebenmänn.; » 7 » » » »
8. » Octandria, Achtmännige; » 8 » » » »
9. » Enneandria, Neunmännige; » 9 » » » »
10. » Decandria, Zehnmännige; » 10 » » » »
11. » Dodecandria, Zwölfmänn.; » 12 » » » »

ββ. Mit Berücksichtigung der Zahl und des Standes der Staubblätter:

12. Klasse. Icosandria, Zwanzigmännige; mit 20 und mehr Staubblättern auf dem Kelchrand in einer Zwitterblüthe:
13. » Polyandria, Vielmännige; mit 20 und mehr Staubblättern auf dem einfachen Blumenboden in einer Zwitterblüthe:

β. Staubblätter paarweise gleich lang:

14. Klasse. Didynamia, Zweimächtige; mit 2 langen u. 2 kurzen Staubbl.
15. » Tetradynamia, Viermächtige; » 4 » » 2 » »

b. Staubblätter unter einander verwachsen:

α. die Träger verwachsen:

16. Klasse. Monadelphia, Einbrüderige; mit in einer Röhre verwachsenen Trägern.
17. » Diadelphia, Zweibrüderige; mit in zwei Bündeln verwachsenen Trägern;
18. » Polyadelphia, Vielbrüderige; mit in mehr als zwei Bündeln verwachsenen Trägern.

β. die Staubbeutel verwachsen:

19. Klasse. Syngenesia, Zusammengewachsene;

c. Die Staubblätter auf dem Staubweg aufgewachsen:

20. Klasse. Gynandria, Mannweibige.

B. Mit eingeschlechtigen Blüthen; Zweibettige: Diclinae:

21. Klasse. Monoecia, Einhäusige; auf derselben Pflanze;
22. » Dioecia, Zweihäusige; auf verschiedenen Pflanzen;

C. Männliche und weibliche Blüthen mit Zwitterblüthen untermischt:

23. Klasse. Polygamia, Vielehige.

II. Pflanzen mit fehlenden Geschlechtsorganen: Plantae cryptogamae:

24. Klasse. Cryptogamia, Verborgenehige.

Die Ordnungen dieser 24 Klassen werden auf verschiedene Weise gebildet und zwar:

1) Bei der 1. bis 13. Klasse nach der Zahl der Stengel. Diese werden nach der Zahl der Fruchtknoten, bei einem Fruchtknoten nach der Zahl der Staubwege, bei einem oder fehlenden Fruchtknoten auch nach der Zahl der Stempelmündungen gezählt und so für diese Klassen 12 Ordnungen erhalten, nemlich

1. Ordnung. Monogynia, Einweibige, mit 1 Stempel,
2. „ Digynia, Zweiweibige, „ 2 Stempeln,
3. „ Trigynia, Dreiweibige, „ 3 „
4. „ Tetragynia, Vierweibige, „ 4 „
5. „ Pentagynia, Fünfweibige, „ 5 „
6. „ Hexagynia, Sechsweibige, „ 6 „
7. „ Heptagynia, Siebenweib., „ 7 „
8. „ Octogynia, Achtweibige, „ 8 „
9. „ Enneagynia, Neunweibige, „ 9 „
10. „ Decagynia, Zehnweibige, „ 10 „
11. „ Dodecagynia, Zwölfweib., „ 12 „
12. „ Polygynia, Vielweibige, mit mehr als 12 Stempeln.

Diese Ordnungen finden sich in keiner der Klassen sämmtlich, und manche dieser Klassen haben nur eine oder zwei Ordnungen:

2) Bei der 14. und 15. Klasse werden die Ordnungen nach der Beschaffenheit der Früchte bestimmt und zwar

1. Ordnung. Gymnospermia, Nacktsamige, mit 4 einsamigen Theilfrüchten,
2. „ Angiospermia, Verhülltsamige, mit vielsamigen Kapseln
} bei der 14. Klasse oder Didynamia

und

1. „ Siliculosae, Schötchentragende, mit zweiklappigen, höchstens zweimal so langen als breiten Schötchen
2. „ Siliquosae, Schotentragende, mit zweiklappigen, mehr als zweimal längeren als breiten Schötchen
} bei der 15. Klasse oder Tetradynamia.

3) Bei der 16. bis 18. Klasse werden die Ordnungen gerade so bestimmt und bezeichnet wie die dreizehn ersten Klassen, also Monandria, Diandria etc.

4) Bei der 19. Klasse werden die Ordnungen nach dem Geschlecht bestimmt. Es sind hier immer mehrere Blüthen zu einem Köpfchen vereinigt und von einer Hülle umschlossen; die einzelnen Blüthen haben dann noch eine besondere Hülle (Außenkelch) oder es fehlt dieselbe.

a. Blüthen ohne besondere Hülle:

1. Ordnung. Polygamia aequalis, Gleichartige Vielehe; alle Blüthen sind Zwitter;
2. „ Polygamia superflua, Ueberflüssige Vielehe; in der Mitte Zwitter-, am Rand weibliche Blüthen;
3. „ Polygamia frustranea, Unnütze Vielehe; in der Mitte Zwitter-, am Rand Scheinblüthen;
4. „ Polygamia necessaria, Nothwendige Vielehe; in der Mitte männliche, am Rand weibliche Blüthen;

b. Blüthen mit besonderen Hüllen:

5. Ordnung. Polygamia segregata, Getrennte Vielehe;

c. Blüthen nach dem Geschlecht einzeln stehend oder zu einem Köpfchen vereinigt:

6. Ordnung. Monogamia, Einehige.

5) Bei der 20. bis 22. Klasse werden die Ordnungen ganz so bestimmt und bezeichnet, wie die erste bis zur neunzehnten Klasse, also Monandria, Diandria etc.

6) Bei der 23. Klasse werden die Ordnungen nach dem Vorkommen der verschiedenen geschlechtigen Blüthen auf 1, 2 oder 3 Pflanzen bestimmt und bezeichnet:

1. Ordnung. Monoecia; Zwitter- und eingeschlechtige Blüthen auf einem Individuum;
2. „ Dioecia; Zwitter- und eingeschlechtige Blüthen auf zwei Individuen;
3. „ Trioecia s. Polyoecia; Zwitter- und zweierlei eingeschlechtige Blüthen auf drei Individuen.

Die neueren Bearbeiter des Linné'schen Systems haben jedoch diese Klasse gestrichen und die betreffenden Pflanzen da eingeordnet, wo sie nach der Bildung ihrer Zwitterblüthen hingehören.

7) Bei der 24. Klasse werden die Ordnungen nach einer gewissen natürlichen Verwandtschaft aufgestellt und auf folgende Weise bezeichnet:

1. Ordnung. Filices, Farrn;
2. „ Musci, Moose;
3. „ Algae, Algen;
4. „ Fungi, Pilze.

§. 234. Gleditsch theilte die Pflanzen in solche mit sichtbaren und in solche mit unsichtbaren Staubgefäßen, bildete also zwei Abtheilungen (partes), welche den Phanerogamen und Kryptogamen des Sexualsystems entsprechen, und trennte jede derselben in 4 Klassen, wie folgendes Schema zeigt.

Pars I. Phaenostemones.

1. Klasse. Thalamostemones: Staubgefäße auf dem Blüthenboden oder einem gesonderten Honiggefäß desselben eingefügt;
2. „ Petalostemones: Staubgefäße auf der Blumenkrone oder einem gesonderten Honiggefäß derselben eingefügt;
3. „ Calycostemones: Staubgefäße auf dem Kelch oder einem gesonderten Honiggefäß desselben eingefügt;
4. „ Stylostemones: Staubgefäße auf dem Pistill oder einem gesonderten Honiggefäß desselben eingefügt.

Pars II. Cryptostemones.

5. „ Filicinae: Farrn, Equisetaceen, Rhizocarpeen;
6. „ Muscosae: Lycopodiaceen, Laub- und Lebermoose;
7. „ Algaceae: Algen und Flechten, Riccia und Phytozeen;
8. „ Fungosae: Fleisch- und Schimmelpilze.

Durch die Ordnungen, welche in der ersten Abtheilung nach der Zahl und Verwachsung der Staubgefäße ganz in der Weise der Linné'schen Klassen gebildet, aber statt Monandria, Diandria u. s. w. Monantherae, Diantherae u. s. w. benannt, wird die ziemlich annähernde Natürlichkeit der Gleditsch'schen Klassen wieder vernichtet; dagegen sind die Ordnungen der zweiten Abtheilung naturgemäßer aufgestellt.

§. 235. Mönch hat die Pflanzen nach dem Vorhandensein und Insertion der Staubgefäße in acht Klassen eingetheilt, nemlich:

1. Klasse. Thalamostemones: Staubgefäße auf dem Blüthenboden eingefügt;
2. „ Petalostemones: Staubgefäße an die Blumenblätter angewachsen;
3. „ Parapetalostemones: Staubgefäße an die Nebenblumenblätter angewachsen;
4. „ Calycostemones: Staubgefäße auf den Kelch eingefügt;
5. „ Allagostemones: Staubgefäße abwechselnd auf den Blumenblättern und auf dem Kelch eingefügt;
6. „ Stylostemones: Staubgefäße mit dem Griffel verwachsen;
7. „ Stigmatostemones: Staubgefäße mit der Narbe verwachsen;
8. „ Cryptostemones: ohne deutliche Staubgefäße, mit verborgenen Befruchtungsorganen.

Die Ordnungen dieses Systems beruhen auf freien oder verwachsenen Staubbeuteln und Staubfäden, auf dem Stand des Fruchtknotens und auf der Form der Frucht, in der letzten Klasse auf natürlicher Verwandtschaft.

§. 236. Allione legte bei seiner Systematisirung der Pflanzenwelt das Dasein und die Form der Blumenkrone und der Blüthendecke zu Grund und stellte demzufolge 13 Klassen auf, nemlich:

1. Klasse. Monopetalae simplices, mit einzelnen Blüthen und verwachsenblättriger Blumenkrone;
2. „ Monopetalae compositae, mit kopfförmigen Blüthenständen und verwachsenblättriger Blumenkrone;
3. „ Dipetalae, mit zweiblättriger Blumenkrone;
4. „ Tripetalae, mit dreiblättriger Blumenkrone oder Blüthendecke;
5. „ Tetrapetalae, mit vierblättriger Blumenkrone;
6. „ Tetra- et pentapetalae papilionaceae, mit schmetterlingsförmiger Blumenkrone;
7. „ Pentapetalae gymnodispermae, mit fünfblättriger Blumenkrone und zwei nackten Samen;
8. „ Pentapetalae angiospermae, mit fünfblättriger Blumenkrone und zwei bedeckten Samen;
9. „ Hexapetalae, mit sechsblättriger Blumenkrone oder Blüthendecke;
10. „ Polypetalae, mit vielblättriger Blumenkrone oder Blüthendecke;
11. „ Apetalae non gramineae, ohne Blumenkrone oder Blüthendecke, aber keine Gräser;
12. „ Apetalae gramineae, Gräser;
13. „ Flore imperfecto, sämmtliche Kryptogamen.

Die Ordnungen dieses sehr künstlichen Systems beruhen theils auf der Zahl der Staubgefäße und heißen dann Monostemones, Distemones, Tristemones u. s. w., theils auf dem Freisein oder Vorhandensein von Staubbeuteln und Staubfäden, theils (wie in der sechsten Klasse) auf der Zahl der Blumenblätter und die der dreizehnten Klasse auf natürlichen Verwandtschaften.

§. 237. Gärtner hat unter den Nachfolgern Linné's das Verdienst, eines der besten Pflanzensysteme aufgestellt zu haben, indem er die Pflanzen-

welt nach sehr wichtigen morphologischen Verhältnissen, auf Merkmale der Frucht und des Samens, weßhalb dieses System auch das carpologische System genannt wird, in fünf Klassen theilte und diese auf nachstehende Weise charakterisirte:

1. Klasse. Acotyledones: Pflanzen ohne Samenblätter, weil ohne Samen (die Sporenpflanzen);
2. „ Monocotyledones: Pflanzen, deren Samen ein einziges Samenblatt besitzt;
3. „ Dicotyledones, fructu infero: Pflanzen mit zwei Samenblättern und unterständiger Frucht;
4. „ Dicotyledones, fructu supero: Pflanzen mit zwei Samenblättern und überständiger Frucht;
5. „ Polycotyledones: Pflanzen mit vielen Samenblättern (die Coniferen).

Bei diesem System gelten dieselben morphologischen Verhältnisse als Eintheilungsprincip, welche von Jussieu für die Hauptabtheilungen seines natürlichen Systems zu Grunde gelegt wurden, nur daß Gärtner nicht allein die Dicotyledonen in zwei Klassen theilte und die Coniferen als eine besondere Klasse aufstellte. Es bildet das carpologische System, da die Unterabtheilungen desselben zum Theil auf sehr künstlichen Verhältnissen und nur selten auf natürlichen Verwandtschaften beruhen, den Uebergang von den künstlichen zu den natürlichen Systemen.

§. 238. Es ist bereits oben angedeutet, daß Linné natürliche Familien zu bilden und aus diesen eine Verwandtschaftsreihe zu entwickeln suchte, da ihm die Zusammenstellung derselben zu einem nur einigermaßen zusammenhängenden System, wegen der geringen Zahl der ihm bekannten Pflanzenarten, wohl auch deßhalb, weil er noch keine klare Vorstellung von dem wahren Wesen der natürlichen Verwandtschaft hatte, unmöglich war. Die von Linné aufgestellte Verwandtschaftsreihe führen wir hier deßhalb auf, weil sie als eine wenn auch sehr unvollkommene Vorläuferin der natürlichen Systeme zu betrachten ist; sie ist folgendermaßen:

Ordo 1. Palmae.
» 2. Piperitae.
» 3. Calamariae (Cyperoideen, Thyphaceen, Sparganium).
» 4. Gramina.
» 5. Tripetaloideae (Butomeen, Alismaeeen, Junncaceen, Aphyllantes u. A.).
» 6. Ensatae (Irideen, Xyrideen, Eriocauleen).
» 7. Orchideae.
» 8. Scitamineae.
» 9. Spothaceae (Amaryllideen, Colchiaceen).
» 10. Coronariae (Liliaceen).
» 11. Sarmentaceae (Erythronium, Asparagus, Smilaceen).
Ordo 12. Oleraceae (Laurus, Polygoneen, Amaranthaceen, Chenopodeen, Callitriche, Illecebrum).
» 13. Succulentae (Cacteen, Portulacaceen, Crassulaceen, Zygophylleen, Oxalis, Nymphaea, Sarracenia).
» 14. Gruinales (Geraniaceen, Guajacum, Quassia).
» 15. Inundatae (Chara, Najas, Hippuris, Elatine, Myriophyllum, Ceratophyllum).

Ordo 16. Calyciflorae (Osyris, Elaeagnus, Hippophaë etc.).
» 17. Calycanthemae (Oenothereen, Lithrum, Glaux, Rhexia).
» 18. Bicornes (Ericaceen, Santalum, Diospyros, Melastoma, Philadelphus, Psidium, Myrtus, Caryophyllus),
» 19. Hesperideae (Hesperideen, Styrax, Garcinia).
» 20. Rotaceae (Gentianeen, Lysimachia, Anagallis, Hypericum, Cistus, Telephium).
» 21. Preciae (die meisten Primulaceen, Limosella).
» 22. Caryophylleae.
» 23. Trichilatae (Sapindaceen, Malpighia, Begonia, Tropaeolum, Melia, Trichilia).
» 24. Corydales (Melianthus, Epimedium, Hypecoum, Pinguicula, Fumariaceen).
» 25. Putamineae (Capparis, Morisonia, Crataeva, Marcgravia).
» 26. Multisiliquae (Ranunculaceen, Dictamnus, Peganum, Ruta).
» 27. Rhoeadeae (die meisten Papaveraceen).
» 28. Luridae (die meisten Solanaceen, Verbascum, Digitales, Strychnos).
» 29. Campanaceae (Convolvulus, Polemonium, Campanula, Lobelia, Viola, Parnassia).
» 30. Contortae (Apocyneen, Asclepias, Lycium, Cestrum, Cinchona).
» 31. Vepreculae (Daphne, Passerina, Thesium).
» 32. Papilionaceae.

Ordo 33. Lomentaceae (Cassieen, Mimoseen, Polygola).
» 34. Cucurbitaceae.
» 35. Senticosae (die meisten Rosaceen).
» 36. Pomaceae.
» 37. Columniferae (die meisten Malvaceen, Tilia, Theobroma, Corchorus, Bixa, Kiggelaria, Grevia).
» 38. Tricoceae (Euphorbiaceen, Cambogia, Hernandia, Sterculia, Cliffortia, Carica).
» 39. Siliquosae (Cruciferen).
» 40. Personatae (Scrophelarineen, Acanthus, Verbena, Bignonia, Bontia).
» 41. Asperifoliae (Borragineen).
» 42. Verticillatae (Labiaten).
» 43. Dumosae (Viburnum, Rhus, Celastrus, Evonymus, Ilex, Cassonia, Rhamnus, Sideroxylon, Chrysophyllum).
» 44. Sepiariae (Jasminum, Ligustrum, Brunfelsia, Olea, Fraxinus).
» 45. Umbellatae.
» 46. Hederaceae (Cissus, Vitis, Hedera, Panax, Avalia, Xanthoxylon).
» 47. Stellatae (Rubiaceen, Spigelia Cornus).
» 48. Aggregatae (Statice, Protea, Hebenstreitia, Globularia, Cephalanthus, Scabiosa, Valeriana, Boerhavia, Lonicera, Lovanthus, Movinda).
» 49. Compositae.
Trib. 1. Semiflosculosae.
» 2. Capitatae.

Trib. 3. Discoideae.
» 4. Radiatae.
» 5. Monogamia (Seriphium, Corymbium, Strumphia).
Ordo 50. Amentaceae (Betulaceen, Cupuliferen, Pistacia, Myrica, Juglans etc.).
» 51. Coniferae (Coniferen, Equisetum).
» 52. Coadunatae (Annona, Liriodendron, Magnolia).
Ordo 53. Scabridae (Urticaceen).
» 54. Miscellaneae (Reseda, Datisca, Poterium, Sanguisorba, Pistia, Lemna, Coriaria, Empetrum).
» 55. Filices.
» 56. Musci.
» 57. Algae (Algen und Flechten).
» 58. Fungi.

§. 239. Bernard de Jussieu reihete die Familien mehr natürlich und mehr nach natürlichen Verwandtschaften aneinander; er bildete aus den damals bekannten Pflanzen 65 Familien, deren Verwandtschaftsreihe mit den unvollkommensten Gewächsen, mit den Sporenpflanzen beginnt, dann auf die Monokotyledonen und von diesen zu den Dikotyledonen übergeht. Der Neffe, Anton. Laur. de Jussieu, welcher den handschriftlichen Katalog des Onkels bei der Bearbeitung seines Systems benutzte, brachte sämmtliche bekannte Pflanzen nach dem Vorhandensein und der Zahl der Cotyledonen im Embryo in drei große Abtheilungen, welche er nach dem Vorgange Gärtner's (vergl. §. 237) Acotyledones, Monocotyledones und Dicotyledones benannte, diese in 15 Klassen und die sämmtlichen Pflanzenarten in 100 Familien vereinigte. Dieses System wird durch folgendes Schema ausgedrückt:

Divisio I. Acotyledones.

Classis 1. Acotyledones.

Famil. 1. *Fungi.*
» 2. *Algae.*
Famil. 3. *Hepaticae.*
» 4. *Musci.*
Famil. 5. *Filices.*
» 6. *Najades.*

Divisio II. Monocotyledones.

a. stamina hypogyna.

Classis 2. Monohypogynae.

Famil. 7. *Aroideae.*
» 8. *Typhae.*
Famil. 9. *Cyperoideae.*
» 10. *Gramineae.*

b. stamina perigyna.

Classis 3. Monoperigynae.

Famil. 11. *Palmae.*
» 12. *Asparagi.*
» 13. *Junci.*
Famil. 14. *Lilia.*
» 15. *Bromeliae.*
Famil. 16. *Asphodeli.*
» 17. *Narcissi.*
» 18. *Irides.*

c. stamina epigyna.

Classis 4. MonoEpigynae.

Famil. 19. *Musae.*
» 20. *Cannae.*
Famil. 21. *Orchideae.*
» 22. *Hydrocharides.*

Divisio III. Dicotyledones.

A. Apetalae.

a. stamina epigyna.

Classis 5. Epistamineae.

Famil. 23. *Aristolochiae.*

b. stamina perigyna.

Classis 6. Peristamineae.

Famil. 24. *Elaeagni.* Famil. 26. *Proteae.* Famil. 28. *Polygoneae.*
» 25. *Thymeleae.* » 27. *Lauri.* » 29. *Atriplices.*

c. stamina hypogyna.

Classis 7. Hypostamineae.

Famil. 30. *Amaranthi.* Famil. 32. *Nyctagines.*
» 31. *Plantagines.* » 33. *Plumbagines.*

B. Monopetalae.

a. corolla hypogyna.

Classis 8. Hypocoralleae.

Fam. 34. *Lysimachiae.* Fam. 39. *Labiatae.* Fam. 44. *Polemonia.*
» 35. *Pediculares.* » 40. *Scrophulariae.* » 45. *Bignoniae.*
» 36. *Acanthi.* » 41. *Solaneae.* » 46. *Gentianae.*
» 37. *Jasmineae.* » 42. *Borragineae.* » 47. *Apocyneae.*
» 38. *Vitices.* » 43. *Convolvuli.* » 48. *Sapoteae.*

b. corolla perigyna.

Classis 9. Pericorolleae.

Famil. 49. *Guajacanae.* Famil. 51. *Ericae.*
» 50. *Rhododendrae.* » 52. *Campanulaceae.*

c. corolla epigyna.

Epicorolleae.

α. antheris connatis.

Classis 10. Epicorolleae synanthereae.

Famil. 53. *Cichoraceae.* Famil. 54. *Cynarocephalae.*
Famil. 55. *Corymbiferae.*

β. antheris distinctis.

Classis 11. Epicorolleae chorisantherae.

Famil. 56. *Diphaceae.* Famil. 57. *Rubiaceae.* Famil. 58. *Caprifolia.*

G. Polypetalae.

a. stamina epigyna.

Classis 12. Epipetaleae.

Famil. 59. *Araliae.* Famil. 60. *Umbelliferae.*

b. stamina hypogyna.

Classis 13. Hypopetaleae.

Fam. 61. *Ranunculaceae.* Fam. 68. *Hyperica.* Fam. 76. *Annonae.*
» 62. *Papaveraceae.* » 69. *Guttiferae.* » 77. *Menispermae.*
» 63. *Cruciferae.* » 70. *Aurantia.* » 78. *Berberides.*
» 64. *Capparides.* » 71. *Meliae.* » 79. *Tiliaceae.*
» 65. *Sapindi.* » 72. *Vites.* » 80. *Cisti.*
» 66. *Acereae.* » 73. *Gerania.* » 81. *Rutaceae.*
« 67. *Malpighiae.* » 74. *Malvaceae.* » 82. *Caryophylleae.*
» 75. *Magnoliae.*

c. stamina perigyna.

Classis 14. Peripetaleae.

Fam. 83. *Semperviva.* Fam. 87. *Ficoideae.* Fam. 92. *Rosaceae.*
» 84. *Saxifragae.* » 88. *Onagrae.* » 93. *Leguminosae.*
» 85. *Cacti.* » 89. *Myrti.* » 94. *Therebinthaceae.*
» 86. *Portulaceae.* » 90. *Melastomae.* » 95. *Rhamni.*
» 91. *Salicariae.*

D. Diclinae.

Classis 15. Diclinae.

Fam. 96. *Euphorbiae.* Fam. 98. *Urticae.* Fam. 99. *Amentaceae.*
» 97. *Cucurbitaceae.* » 100. *Coniferae.*

Wenngleich das Jussieu'sche System seine Mängel hat, wie z. B. durch die Inconsequenz, mit welcher die Klassen hintereinander geordnet sind, durch die heterogene Zusammensetzung der fünfzehnten Klasse, durch die Unsicherheit und Schwankungen der Begriffe der verschiedenen, den Staubgefäßen und der Blumenkrone beigelegten Einfügungsweisen, so zeichnet es sich durch seine Uebersichtlichkeit und Einfachheit, so wie durch das wahrhaft Naturgemäße der meisten der darin enthaltenen Familien aus, was um so mehr zu bewundern ist, als es als der erste Versuch einer auf wahrhaft naturgemäßen Principien beruhenden Anordnung wahrhaft natürlicher Pflanzen zu betrachten ist.

§. 240. Von Aug. Pyr. Decandolle wurde im Jahr 1813 ein neues Pflanzensystem bekannt gemacht, welches mit Benutzung der von Jussieu aufgestellten Principien entworfen worden ist und sich vor dem Jussieu'schen System dadurch auszeichnet, daß bei der Aneinanderreihung der Familien, hier natürliche Ordnungen benannt, deren Verwandtschaft vielmehr berücksichtigt worden ist, weßhalb sich hier auch keine so großen Lücken finden, und daß die Anordnungen selbst schärfer charakterisirt und besser benannt worden sind. Decandolle zergliedert die Gesammtheit der Pflanzen in drei Abtheilungen, Klassen benannt, welche zwar nach einem von dem Jussieu'schen abweichenden Princip, nach der inneren Organisation oder nach dem anatomischen Bau und nach der Verdickungsweise der Axen gebildet, aber doch mit den drei großen Abtheilungen des Jussieu'schen Systems übereinstimmend sind, indem der verschiedenen Zahl der Kotyledonen und der verschiedenen Beschaffenheit der Fortpflanzungsorgane auch eine bestimmte Struktur und Entwicklungsweise der Axe entspricht. Die drei Klassen faßt Decandolle wieder in zwei Abtheilungen, divisiones, zusammen, von denen die erstere, welche die Mono- und Dikotylebonen enthält, Gefäßpflanzen, plantae vasculares, die zweite, die Akotyledonen, Zellenpflanzen, plantae cellulares, benannt hat. Jede der Klassen ist wiederum nach verschiedenen Principien und zwar die erste Klasse, die Dikotyledonen, in vier und die zweite, die Monokotyledonen, und die dritte, die Akotyledonen, je in zwei Unterklassen eingetheilt. Die Unterklassen der Dikotyledonen sind nach dem Vorhandensein einer doppelten oder einer einfachen Blüthenhülle in zwei Rubriken zusammengefaßt, von denen die mit doppelten Blüthenhüllen die drei ersten Unterklassen, die mit einfacher Blüthenhülle die vierte Klasse, welche mit der zweiten Abtheilung der Dikotyledonen identisch ist, enthält. Die zweite Klasse, die die Monokotyle-

donen enthält, zerfällt in phanerogamische und kryptogamische Pflanzen, zu welchen letzteren die mit Gefäßen versehenen Sporenpflanzen und die Najadeen gehören. Die dritte Klasse endlich zerfällt in zwei Unterklassen, von denen die eine die Moose, die andere die Flechten und übrigen Angiosporen enthält. Diesen acht Unterklassen sind von Decandolle nach der zweiten Ausgabe seiner Théorie élémentaire 194 Familien oder natürliche Ordnungen untergeordnet, deren Zahl sich aber inzwischen schon bedeutend vermehrt hat. Nachstehendes Schema giebt eine Uebersicht der Abtheilungen, Klassen, Unterklassen und Ordnungen des Decandolle'schen Systems.

Divisio I.

Plantae vasculares s. Cotyledoneae.

Classis I.

Exogenae s. Dicotyledoneae.

Pflanzen mit von außen nach innen anwachsendem Holzkörper und zwei Kotyledonen.

A. Integumento duplici i. e. calyce et corolla instructae.

Subclassis 1. *Thalamiflorae.*

Die Kronenblätter unverwachsen und nebst den Staubblättern auf dem Blumenboden befestigt.

Cohors prima.

Carpella numerosa s. stamina petalis opposita.

Ordo 1.	*Ranunculaceae.*	Ordo 5.	*Menispermaceae.*
» 2.	*Dilleniaceae.*	» 6.	*Berberideae.*
» 3.	*Magnoliaceae.*	» 7.	*Podophyllaceae.*
» 4.	*Annonaceae.*	» 8.	*Nymphaeaceae.*

Cohors secunda.

Carpella solitaria aut connata, placentae parietales.

Ordo 9.	*Papaveraceae.*	Ordo 15.	*Cistineae.*
» 10.	*Fumariaceae.*	» 16.	*Violarieae.*
» 11.	*Cruciferae.*	» 17.	*Droseraceae.*
» 12.	*Capparideae.*	» 18.	*Polygaleae.*
» 13.	*Flacourtianeae.*	» 19.	*Tremandreae.*
» 14.	*Bixineae.*	» 20.	*Pittosporeae.*

Ordo 21. *Frankeniaceae.*

Cohors tertia.

Ovarium solitarium placenta centralis.

Ordo 22.	*Caryophylleae.*	Ordo 33.	*Aurantiaceae.*
» 23.	*Lineae.*	» 34.	*Hypericineae.*
» 24.	*Malvaceae.*	» 35.	*Guttiferae.*
» 25.	*Bombaceae.*	» 36.	*Marcgraviaceae.*
» 26.	*Büttneriaceae.*	» 37.	*Hippocrateaceae.*
» 27.	*Tiliaceae.*	» 38.	*Erythroxyleae.*
» 28.	*Elaeocarpeae.*	» 39.	*Malpighiaceae.*
» 29.	*Chlenaceae.*	» 40.	*Acerineae.*
» 30.	*Ternstroemiaceae.*	» 41.	*Hippocastineae.*
» 31.	*Camellieae.*	» 42.	*Rhizoboleae.*
» 32.	*Olacineae.*	» 43.	*Sapindaceae.*

Ordo 44. *Meliaceae.*
» 45. *Ampelideae.*
» 46. *Geraniaceae.*
» 47. *Tropaeoleae.*

Ordo 48. *Balsamineae.*
» 49. *Oxalideae.*
» 50. *Zygophylleae.*
» 51. *Rutaceae.*

Cohors quarta.
Fructus gynobasicus.

Ordo 52. *Simarubeae.*
Ordo 53. *Ochnaceae.*
Ordo 54. *Coriarieae.*

Subclassis 2. *Calyciflorae.*

Die Blumenkrone und die Staubblätter auf dem Kelchrand (auf der Scheibe) oder auf dem Fruchtknoten befestigt.

Ordo 55. *Celastrinea.*
» 56. *Rhamneae.*
» 57. *Bruniaceae.*
» 58. *Samydeae.*
» 59. *Homalineae.*
» 60. *Chailletiaceae.*
» 61. *Aquilarineae.*
» 62. *Therebinthaceae.*
» 63. *Leguminosae.*
Subord. 1. *Papilionaceae.*
» 2. *Swartzieae.*
» 3. *Mimoseae.*
» 4. *Caesalpineae.*
» 64. *Rosaceae.*
» 65. *Calycantheae.*
» 66. *Granateae.*
» 67. *Memecyleae.*
» 68. *Combretaceae.*
» 69. *Vochysieae.*
» 70. *Rhizophoreae.*
» 71. *Onagrarieae.*
» 72. *Halorageae.*
» 73. *Ceratophylleae.*
» 74. *Lythrarieae.*
» 75. *Tamariscineae.*
» 76. *Melastomaceae.*
» 77. *Alangieae.*
» 78. *Philadelpheae.*
» 79. *Myrtaceae.*
» 80. *Cucurbitaceae.*
» 81. *Passifloreae.*
» 82. *Loaseae.*
» 83. *Turneraceae.*
» 84. *Fouquieraceae.*
» 85. *Portulaceae.*
» 86. *Paronychieae.*
» 87. *Crassulaceae.*

Ordo 88. *Ficoideae.*
» 89. *Cacteae.*
» 90. *Grossularieae.*
» 91. *Saxifrageae.*
» 92. *Umbelliferae.*
Subord. 1. *Orthospermae.*
» 2. *Campylospermae.*
» 3. *Coelospermae.*
» 93. *Araliaceae.*
» 94. *Hamamelideae.*
» 95. *Corneae.*
» 96. *Loranthaceae.*
» 97. *Caprifoliaceae.*
» 98. *Rubiaceae.*
» 99. *Valerianeae.*
» 100. *Dipsaceae.*
» 101. *Calycereae.*
» 102 *Compositae.*
Subord. 1. *Tubuliflorae.*
» 2. *Labiatiflorae.*
» 3. *Liguliflorae.*
» 103. *Stylidieae.*
» 104. *Lobeliaceae.*
» 105. *Campanulaceae.*
» 106. *Cyphiaceae.*
» 107. *Goodenovieae.*
» 108. *Roussaeaceae.*
» 109. *Gesneriaceae.*
» 110. *Sphenocleaceae.*
» 111. *Columelliaceae.*
» 112. *Napoleoneae.*
» 113. *Vaccinieae.*
» 114. *Ericaceae.*
» 115. *Epacrideae.*
» 116. *Pyrolaceae.*
» 117. *Francoaceae.*
» 118. *Monotropeae.*

Subclassis 3. *Corolliflorae.*

Die Blumenblätter untereinander und mit den Staubblättern verwachsen.

Ordo 119. *Myrsineae.*
» 120. *Sapoteae.*
» 121. *Ebenaceae.*
» 122. *Oleineae.*
» 123. *Jasmineae.*
» 124. *Strychneae.*
» 125. *Apocyneae.*
» 126. *Gentianeae.*
» 127. *Bignoniaceae.*
» 128. *Sesameae.*
» 129. *Polemonieae.*
Ordo 130. *Convolvulaceae.*
» 131. *Borragineae.*
» 132. *Solaneae.*
» 133. *Antirrhineae.*
» 134. *Rhinanthaceae.*
» 135. *Labiatae.*
» 136. *Myoporineae.*
» 137. *Pyrenaceae.*
» 138. *Acanthaceae.*
» 139. *Lentibularieae.*
» 140. *Primulaceae.*
Ordo 141. *Globularieae.*

B. Integumento florali simplici i. e. perianthio praeditae.

Subclassis 4. *Monochlamideae.*

Ordo 142. *Plumbagineae.*
» 143. *Plantagineae.*
» 144. *Nyctagineae.*
» 145. *Amaranthaceae.*
» 146. *Chenopodieae.*
» 147. *Begoniaceae.*
» 148. *Polygoneae.*
» 149. *Laurineae.*
» 150. *Myristiceae.*
» 151. *Proteaceae.*
Ordo 152. *Thymeleae.*
» 153. *Santalaceae.*
» 154. *Elaeagneae.*
» 155. *Aristolochieae.*
» 156? *Euphorbiaceae.*
» 157. *Monimiaceae.*
» 158. *Urticeae.*
» 159. *Piperiteae.*
» 160. *Amentaceae.*
» 161. *Coniferae.*

Classis II.

Endogenae s. Monocotyledoneae.

Pflanzen mit einem von innen nach außen anwachsenden Holzkörper und einem Kotyledon.

Subclassis 1. *Phanerogamae.*

Ordo 162. *Cycadeae.*
» 163. *Hydrocharideae.*
» 164. *Alismaceae.*
» 165. *Orchideae.*
» 166. *Drymirrhizeae.*
» 167. *Musaceae.*
» 168. *Irideae.*
» 169. *Haemorodaceae.*
» 170. *Amaryllideae.*
» 171. *Hemerocallideae.*
» 172? *Dioscoreae.*
Ordo 173. *Smilaceae.*
» 174. *Liliaceae.*
» 175. *Colchicaceae.*
» 176. *Junceae.*
» 177. *Commelineae.*
» 178. *Palmae.*
» 179. *Pandaneae.*
» 180. *Typhaceae.*
» 181. *Aroideae.*
» 182. *Cyperaceae.*
» 183. *Gramineae.*

Subclassis 2. *Cryptogamae.*

Ordo 184? *Najadeae.*
» 185. *Equisetaceae.*
Ordo 186. *Marsiliaceae.*
» 187. *Lycopodiaceae.*
Ordo 188. *Filices.*

Divisio II.

Plantae cellulares s. Acotyledoneae.

Classis III.

Subclassis 1. *Foliaceae.*

Ordo 189. *Musci.* Ordo 190. *Hepaticae.*

Subclassis 2. *Aphyllae.*

Ordo 191. *Lichenes.* Ordo 193. *Fungi.*
» 192. *Hypoxyla.* » 194. *Algae.*

Trotz der Vorzüge des Decandolle'schen Systems vor dem Jussieu'schen hat es doch mancherlei Mangelhaftes; besonders ist es aber ein großer Fehler dieses Systems, daß die Monokotyledonen und die Gefäßkryptogamen in eine Klasse vereinigt sind und auch die Eintheilung der Dikotyledonen ist sehr mangelhaft.

§. 240. Ein wegen der regelmäßigen Gliederung und der dadurch hervorgebrachten Uebersichtlichkeit, so wie auch wegen der richtigen Aneinanderreihung der Familien zur Zeit seiner Veröffentlichung großes Aufsehen erregendes sog. Natürliches Pflanzensystem ist das von L. Reichenbach. Dieser Systematiker hat sämmtliche Pflanzen in drei große Abtheilungen oder Stufen, gradus, gebracht, nemlich 1) in Faserpflanzen (Pilze und Flechten), welche den Samen= oder Knospenzustand oder den Zustand der dem Leben der Pflanzen vorangehenden Ruhe „die Vergangenheit" repräsentiren sollen und denen nur „ein bloßes Vorleben in der Erinnerung an die Bedingung des Lebens, die Zeugung" zugeschrieben werden könne; 2) in Stockpflanzen (die Algen und höheren Kryptogamen und sämmtliche Monokotyledonen), welche das Wachsthum der Pflanze, die Entwickelung von Wurzel, Stengeln und Blättern „die Gegenwart" repräsentiren sollen und denen ein eigentliches Wachsthum im rein vegetabilischen Zustand zukomme, und 3) in Blüthen=Fruchtpflanzen, welche die Fortpflanzung „die Zukunft" repräsentiren und eine Vorahnung des Thierlebens besitzen sollen. Diese drei Abtheilungen zerfallen nach dem Erscheinen beim Keimen in vier Unterabtheilungen, nemlich 1) in Nacktkeimer, d. h. in diejenigen Pflanzen, deren Fortpflanzungszelle (Spore) unmittelbar einen neuen Organismus aus sich entwickelt, wohin sämmtliche Faserpflanzen gehören; 2) in Blattkeimer, d. h. in diejenigen Pflanzen, deren Keime deutliche Blattorgane besitzen, wohin die Blüthen=Fruchtpflanzen sämmtlich gehören; 3) in Zellkeimer, d. h. in diejenigen Pflanzen, deren Spore zuerst einen Vorkeim entwickelt, wohin die Algen, Moose, Farrn und übrigen Gefäßkryptogamen gehören, und 4) in Spitzkeimer, d. h. in diejenigen Pflanzen, die nach oben mit einer Spitze keimen, wohin die Monokotyledonen oder die Scheidenpflanzen gehören. Unter diese vier Unterabtheilungen werden acht Klassen geordnet, von denen jede in drei Ordnungen, und jede dieser Ordnungen, mit Ausnahme der der ersten Klasse und der ersten Ordnung der zweiten Klasse, in zwei Formationen zerfällt. Jede Formation, so wie die drei Ordnungen der ersten Klasse und der ersten Ordnung der zweiten Klasse enthalten drei Familien, wo=

nach das ganze System aus 132 Familien besteht und durch nachstehendes Schema anschaulich gemacht wird.

Erste Stufe.

Faserpflanzen. Inophyta.

Erste Abtheilung.

Nacktkeimer. Gymnoblastae.

Erste Klasse. Pilze. Fungi.

Erste Ordnung. **Keimpilze.** *Coniomycetes.*

Fam. 1. Urpilze. Praeformativi. 2. Brandpilze. Uredinei. 3. Warzenpilze. Tubercularii.

Zweite Ordnung. **Fadenpilze.** *Hyphomycetes.*

Fam. 4. Moderpilze. Byssacei. 5. Faserpilze. Mucedinei. 6. Schimmelpilze. Mucovini.

Dritte Ordnung. **Hüllpilze.** *Dermatomycedes.*

Fam. 7. Schlauchlinge. Sphaeriacei. 8. Streulinge. Lycoperdacei. 9. Hutlinge. Hymenini.

Zweite Klasse. Flechten. Lichenes.

Erste Ordnung. **Staubflechten.** *Coniopsorae.*

Fam. 10. Krätzflechten. Leprariaceae. 11. Blatterflechten. Variolariaceae. 12. Malflechten. Arthoniaceae.

Zweite Ordnung. **Stielflechten.** *Podetiopsorae.*

Erste Formation. **Büchsenflechten.** Crateropsorae.

Fam. 13. Kelchflechten. Calycieae. 14. Staub-fruchtflechten. Coniocarpicae. 15. Staubkugelflechten. Sphaerophoreae.

Zweite Formation. **Kopfflechten.** Cephalopsorae.

Fam. 16. Pfeifenflechten. Isidieae. 17. Scheibenflechten. Lecideaceae. 18. Knopfflechten. Cladoniaceae.

Dritte Ordnung. **Wedelflechten.** *Thallopsorae.*

Erste Formation. **Kernflechten.** Gasteropsorae.

Fam. 19. Balgkernflechten. Gasterothalamae. 20. Rinnenfechten. Graphithalamae. 21. Knaulflechten. Gyrothalamae.

Zweite Formation. **Schüsselflechten.** Apothecipsorae.

Fam. 22. Gallertflechten. Collemaceae. 23. Strunkflechten. Usneaceae. 24. Lappenflechten. Parmeliaceae.

Zweite Stufe.

Stockpflanzen. Stelechophyta.

Zweite Abtheilung.

Zellkeimer. Cerioblastae.

Dritte Klasse. Grünpflanzen. Chlorophyta.

Erste Ordnung. Algen. *Algae.*

Erste Formation. Knospenalgen. Gongylophycae.

Fam. 25. Gallertalgen. Nostochinae. 26. Fadenalgen. Confervaceae. 27. Schlauchalgen. Ulvaceae.

Zweite Formation. Balgalgen. Ascophycae.

Fam. 28. Gelenkfruchtalgen. Ceramiaceae. 29. Kernalgen. Sphaerococceae. 30. Tangalgen. Fucvideae.

Zweite Ordnung. Moose. *Musci.*

Erste Formation. Wedelmoose (Lebermoose). Thallobrya.

Fam. 31. ? Ricciaceae. 32. ? Jungermanniaceae. 33. ? Marchantiaceae.

Zweite Formation. Laubmoose. Phyllobrya.

Fam. 34. Torfmoose. Sphagnaceae. 35. ? Andreaeaceae. 36. Mützenmoose. Calyptrobrya.

Dritte Ordnung. Farrn. *Filices.*

Erste Formation. Rißfarrn. Thryptopterides.

Fam. 37. ? Salviniaceae. 38. ? Marsiliaceae. 39. ? Polypodiaceae.

Zweite Formation. Spaltfarrn. Anoegopterides.

Fam. 40. Traubenfarrn. Osmundaceae. 41. Natterzungenfarrn. Ophioglosseae. 42. Palmenfarrn. Cycadeaceae.

Dritte Abtheilung.

Spitzkeimer. Acroblastae.

Vierte Klasse. Scheidenpflanzen. Coleophyta.

Erste Ordnung. Wurzelscheidenpflanzen. *Rhizocoleophyta.*

Erste Formation. Tauchergewächse. Limnobiae.

Fam. 43. Brachsenkräuter. Isoëteae. 44. Zosteraceae. 45. Aroideae.

Zweite Formation. Schlammwurzler. Helobiae.

Fam. 46. Laichkräuter. Potamogetoneae. 47. Alismaceae. 48. Nixenkräuter. Hydrocharideae.

Zweite Ordnung. **Stammscheidenpflanzen.** *Caulocoleophyta.*

Erste Formation. **Spelzengewächse. Glumaceae.**

Fam. 49. Gräser. 50. Cypergräser. 51. Schwertelgräser.
Gramineae. Cyperoideae. Commelynaceae.

Zweite Formation. **Schwertelgewächse. Ensatae.**

Fam. 52. Rohrkolben. 53. Schwertlilien. 54. Narcissenschwertel.
Thyphaceae. Irideae. Narcissineae.

Dritte Ordnung. **Blattscheidenpflanzen.** *Phyllocoleophyta.*

Erste Formation. **Lilienblüthige. Liliiflorae.**

Fam. 55. Simsenlilien. 56. 57.
Juncaceae. Smilaceae. Liliaceae.

Zweite Formation. **Orchisblüthige. Orchiflorae.**

Fam. 58. 59. Bananen. 60. Palmen.
Orchidaceae. Scitamineae. Palmaceae.

Vierte Abtheilung.

Blattkeimer. Phylloblastae.

Fünfte Klasse. Zweifelblumige. Synchlamydeae.

Erste Ordnung. **Rippenlose.** *Enerviae.*

Erste Formation. **Najaden. Najadeae.**

Fam. 61. Armleuchtergewächse. 62. Hornblattgewächse. 63.
Characeae. Ceratophylleae. Podostemoneae.

Zweite Formation. **Schuppler. Imbricatae.**

Fam. 64. Bärlappe. 65. Kolbenschosser. 66.
Lycopodiaceae. Balanophoreae. Cytineae.

Zweite Ordnung. **Steifblättrige.** *Rigidifoliae.*

Erste Formation. **Schlechtblüthige. Inconspicuae.**

Fam. 67. Schachtelhalme. 68. Eiben. 69.
Equisetaceae. Taxineae. Santalaceae.

Zweite Formation. **Doppeldeutige. Ambiguae.**

Fam. 70. Zapfenbäume. 71. 72. Seideln.
Coniferae. Proteaceae. Thymelaeaceae.

Dritte Ordnung. **Aderblättrige.** *Venosae.*

Erste Formation. **Mißblüthige. Incompletae.**

Fam. 73. 74. Kätzchenblüthler. 75. Nesseln.
Myricaeae. Amentaceae. Urticaceae.

Zweite Formation. **Blattreiche. Foliosae.**

Fam. 76. 77. 78. Lorbeergewächse.
Aristolochiaceae. Nyctagineae. Laurineae.

Dritte Stufe.

Blüthen-Fruchtpflanzen. Antho-Carpophyta.

Sechste Klasse. Ganzblumige. Sympetalae.

Erste Ordnung. Röhrenblüthige. *Tubiflorae.*

Erste Formation. **Häufelblüthler. Aggregatae.**

Fam. 79. Dipsaceae. 80. Geisblattgewächse. Caprifoliaceae. 81. Rubiaceae.

Zweite Formation. **Glockenblüthler. Campanaceae.**

Fam. 82. Verwachsenbeutlige. Synanthereae.

a. Compositae.
α. Amphigynanthae.
β. Amphicenianthae.
γ. Homoianthae.

b. Dispositae.
α. Ambrosieae.
β. Iveae.
γ. Calicereae.

c. Segragatae.
α. Seriphieae.
β. Echinopsideae.
γ. Bolandreae.

Fam. 83. Kürbisgewächse. Cucurbitaceae.

Fam. 84. Glöckler. Campanulaceae.

Zweite Ordnung. Schlundblüthige. *Fauciflorae.*

Erste Formation. **Röhrenträger. Tubiferae.**

Fam. 85. Lippenblüthler. Labiatae. 86. Rauhblättrige. Asperifoliaceae. 87. Windengewächse. Convolvulaceae.

Zweite Formation. **Saumblüthler. Limbatae.**

Fam. 88. Globulariaceae. 89. Larvenblüthler. Personatae. 90. Nachtschatten. Solanaceae.

Dritte Ordnung. Saumblüthige. *Limbiflorae.*

Erste Formation. **Becherblüthige. Crateriflorae.**

Fam. 91. Plumbagineae. 92. Primulaceae. 93. Heidegewächse. Ericaceae.

Zweite Formation. **Sternblüthler. Stelliflorae.**

Fam. 94. Asclepiadeae. 95. Drehblüthler. Contortae. 96. Sapotaceae.

Siebente Klasse. Kelchblüthler. Calycanthae.

Erste Ordnung. Verschiedenblüthige. *Variiflorae.*

Erste Formation. **Kleinblüthige. Parviflorae.**

Fam. 97. Doldengewächse. Umbelliferae. 98. Kreuzdorngewächse. Rhamneae. 99. Terebinthaceae.

Zweite Formation. **Hülsenfrüchtige. Leguminosae.**

Fam. 100. Schmetterlingsblüthige. Papilionaceae. 101. Cassiaceae. 102. Mimosaceae.

Zweite Ordnung. Aehnlichblüthige. *Confines.*

Erste Formation. **Sedumblüthige. Sediflorae.**

Fam. 103. Gehörntfrüchtige. Corniculatae. 104. Loasaceae. 105. Ribesiaceae.

Zweite Formation. Rosenblüthige. **Rosiflorae.**

106. Portulacaceae. 107. Aizoideae. 108. Rosaceae.

Dritte Ordnung. **Gleichförmigblüthige.** *Concinnae.*

Erste Formation. Nachtkerzenblüthige. **Onagriflorae.**

Fam. 109. Halorageae. 110. Nachtkerzen. Onagraceae. 111. Weiderichgewächse. Lythrarieae.

Zweite Formation. Myrthenblüthige. **Myrtiflorae.**

112. Polygalaceae. 113. Myrtaceae. 114. Amygdalaceae.

Achte Klasse. Stielblüthler. Thalamanthae.

Erste Ordnung. **Hohlfrüchtige.** *Thylachocarpicae.*

Erste Formation. Kreuzblüthler. **Cruciflorae.**

F. 115. Viermächtige. Tetradynamae. 116. Mohngewächse. Papaveraceae. 117. Kapergewächse. Capparideae.

Zweite Formation. Cistusblüthige. **Cistiflorae.**

Fam. 118. Veilchengewächse. Violaceae. 119. Cistineae. 120. Bixaceae.

Zweite Ordnung. **Spaltfrüchtige.** *Shizocarpicae.*

Erste Formation. Ranunkelblüthige. **Ranunculiflorae.**

Fam. 121. Ranunculaceae. 122. Rautengewächse. Rutaceae. 123. Sapindaceae.

Zweite Formation. Malvenblüthige. **Malviflorae.**

Fam. 124. Malvaceae. 125. Storchschnabelgewächse. Geraniaceae. 126. Sauerkleegewächse. Oxalideae.

Dritte Ordnung. **Säulenfrüchtige.** *Idiocarpicae.*

Erste Formation. Lindenblüthler. **Tiliiflorae.**

Fam. 127. Nelkengewächse. Caryophyllaceae. 128. Theaceae. 129. Lindengewächse. Tiliaceae.

Zweite Formation. Orangenblüthler. **Aurantiiflorae.**

F. 130. Hartheugewächse. Hypericineae. 131. Guttiferae. 132. Orangengewächse. Hesperideae.

Bei einer scharfen Kritik dieses sog. natürlichen Systems ist zu finden, daß es weit mehr ein künstliches ist und sowohl dem Decandolle'schen als auch dem Jussieu'schen weit nachsteht, obgleich es für den Anfänger wegen der regelmäßigen Gliederung und der dadurch hervorgebrachten Uebersichtlichkeit viel Anziehendes hat.

§. 242. Ein weit naturgemäßeres, aber weniger übersichtliches Pflanzensystem ist von Unger aufgestellt und zuerst von Endlicher durchgeführt worden. Die Hauptabtheilungen desselben beruhen auf dem

Vorhandensein oder Fehlen einer deutlich ausgeprägten Axe und auf der Wachsthumsart des Gesammtkörpers der Pflanzen, die Unterabtheilungen theils auf der Entstehungsweise der Gewächse, theils auf dem anatomischen Bau und der Art und Weise des Wachsthums der Axe. Nach diesem System zerfällt das Gewächsreich in zwei Abtheilungen, Regionen, in axenlose Gewächse oder Laubgewächse und in Axengewächse oder Stengelgewächse. Die Laubgewächse sind solche, bei denen noch keine Differenz des Körpers in Axe und Blatt stattfindet und deren Körper von allen Seiten her anwächst und sich in allen Punkten vergrößert; sie zerfallen in zwei Sektionen, nemlich in ursprüngliche (Algen und Flechten) und später entstandene (Pilze), weil letztere vorzugsweise bei der Verwesung oder Zersetzung von Pflanzen- und Thierkörpern entstehen. Die Stengelgewächse sind solche Pflanzen, die mit einer deutlich ausgeprägten, in einer bestimmten Richtung wachsenden Axe und mit Blättern begabt sind; sie zerfallen nach der Art und Weise des Wachsthums der Axe in Endsprosser, d. h. in Pflanzen mit bloßem Spitzenwachsthum, in Umsprosser, bei denen die Axe durch Ansetzen neuer Gefäßbündel an die Peripherie wächst, und in Endumsprosser, bei denen das Wachsthum sowohl an der Spitze wie an der Peripherie stattfindet. Die Endsprosser sind in drei Cohorten mit 2, 5 und 1 Klassen, die Umsprosser nur in 11 Klassen und die Endumsprosser in vier Cohorten mit 1, 6, 10 und 22 Klassen geschieden und diesen 61 Klassen 278 Familien (nach Unger und Endlicher Ordnungen) untergereihet, was folgendes Schema giebt.

Erste Region.

Axenlose Pflanzen. Laubpflanzen.

Thallophyta.

Erste Sektion.

Ursprüngliche Laubpflanzen.

Protophyta.

1. Klasse. Algae mit den Ordnungen 1 — 7 Diatomaceae, Nostochinae, Conservaceae, Characeae, Ulvaceae, Florideae und Fucaceae.

2. Klasse. Lichenes mit den Ordnungen 8 — 11 Coniothalami, Idiothalami, Gasterothalami und Hymenothalami.

Zweite Sektion.

Später entstandene oder secundäre Laubpflanzen.

Hysterophyta.

3. Klasse. Fungi mit den Ordnungen 12 — 16 Gymnomycetes, Hyphomycetes, Gasteromycetes, Pyrenomycetes und Hymenomycetes.

Zweite Region.

Axenpflanzen. Laubpflanzen.

Cormophyta.

Erste Sektion.

Endsprosser. Acrobrya.

Erste Cohorte.

Gefäßlose Endsprosser. Anophyta.

4. Klasse. Hepaticae mit den Ordnungen 17 — 21 Ricciaceae, Anthoceroteae, Targioniaceae, Marchantiaceae und Jungermanniaceae.
5. Klasse. Musci mit den Ordnungen 22 — 25 Andreaeaceae, Sphagnaceae und Bryaceae.

Zweite Cohorte.

Gefäßkryptogamen. Protophyta.

6. Klasse. Calamariae mit der einzigen 25sten Ordnung Equisetaceae.
7. Klasse. Filices mit den Ordnungen 26 — 32 Polypodiaceae, Hymenophylleae, Gleicheniaceae, Schizaeaceae, Osmundaceae, Marattiaceae und Ophioglosseae.
8. Klasse. Hydropterides mit den Ordnungen 33 und 34 Salviniaceae und Marsiliaceae.
9. Klasse. Selagines mit den Ordnungen 35 und 36 Isoeteae und Lycopodiaceae.
10. Klasse. Zamiae mit der einzigen 37sten Ordnung Cycadeaceae.

Dritte Cohorte.

Schmarotzende Samenpflanzen. Hysterophyta.

11. Klasse. Rhizantheae mit den Ordnungen 38 — 40 Balanophoreae, Cyptineae und Rafflesiaceae.

Zweite Sektion.

Umsprosser. Amphibria.

Ohne Cohorten.

12. Klasse. Glumaceae mit den Ordnungen 41 und 42 Gramineae und Cyperaceae.
13. Klasse. Enantioblastae mit den Ordnungen 43 — 47 Centrolepideae, Restiaceae, Eriocauloneae, Xyrideae und Commelynaceae.
14. Klasse. Helobiae mit den Ordnungen 48 und 49 Alismaceae und Butomaceae.

15. Klasse. Coronariae mit den Ordnungen 50—55 Juncaceae, Philydreae, Melanthaceae, Pontederaceae, Liliaceae und Smilaceae.
16. Klasse. Arthorrhizae mit den Ordnungen 56 und 57 Dioscoreae und Taxaceae.
17. Klasse. Ensatae mit den Ordnungen 58 — 64 Hydrochārideae, Burmanniaceae, Irideae, Haemodoraceae, Hypoxideae, Amaryllideae und Bromeliaceae.
18. Klasse. Gynandrae mit den Ordnungen 65 und 66 Orchideae und Apostasieae.
19. Klasse. Scitamineae mit den Ordnungen 67—69 Zingiberaceae, Cannaceae und Musaceae.
20. Klasse. Fluviales mit der einzigen 70sten Ordnung Najadeae.
21. Klasse. Spadiciflorae mit den Ordnungen 71—73 Aroideae, Typhaceae und Pandaneae.
22. Klasse. Principes mit der einzigen 74sten Ordnung Palmae.

Dritte Sektion.

Endumsprosser. Acramphibrya.

Erste Cohorte.

Gymnospermen.

23. Klasse. Coniferae mit den Ordnungen 75—78 Cupressineae, Abietineae, Taxineae und Gnetaceae.

Zweite Cohorte.

Blumenkronenlose. Apetalae.

Monochlamydeen nach Decandolle.

24. Klasse. Piperitae mit den Ordnungen 79 — 81 Chloranthaceae, Piperaceae und Saurureae.
25. Klasse. Aquaticae mit den Ordnungen 82 — 84 Ceratophylicae, Callitrichinae und Podostemeae.
26. Klasse. Juliflorae mit den Ordnungen 85—99 Casuarineae, Myriceae, Betulaceae, Capuliferae, Ulmaceae, Celtideae, Moreae, Artocarpeae, Urticaceae, Cannabineae, Antidesmeae, Plantaneae, Balsamiflorae, Salicineae und Lacistemeae.
27. Klasse. Oleraceae mit den Ordnungen 100—103 Chenopodeae, Amaranthaceae, Polygoneae und Nyctagineae.
28. Klasse. Thymelaeae mit den Ordnungen 104—112 Monimiaceae, Laurineae, Gyrocarpeae, Santalaceae, Daphnoideae, Aquilarineae, Elaeagneae, Penaeaceae und Proteaceae.
29. Klasse. Serpentariae mit den Ordnungen 113 und 114 Aristolochiae und Nepentheae.

Dritte Cohorte.

Ganzblumige. Gamopetalae.

Corollifloren und gamopetale Calycifloren nach Decandolle.

30. Klasse. Plumbagines mit den Ordnungen 115 und 116 Plantagineae und Plumbagineae.

31. Klasse. Aggregatae mit den Ordnungen 117—120 Valerianeae, Dipsaceae, Compositae (Subordo 1. Tubuliflorae, 2. Labiatiflorae und 3. Liguliflorae) und Calycereae.
32. Klasse. Campanulinae mit den Ordnungen 121—125 Brunoniaceae, Goodeniaceae, Lobeliaceae, Cumpanulaceae und Stylideae.
33. Klasse. Caprifoliaceae mit den Ordnungen 126 und 127 Rubiaceae und Lonicereae.
34. Klasse. Contortae mit den Ordnungen 128—134 Jasmineae, Bolivarieae, Obaceae, Loganiaceae, Apocynaceae, Acclepiadeae und Gentianeae.
35. Klasse. Nuculiferae mit den Ordnungen 135—142 Labiatae, Verbenaceae, Stilbineae, Globularineae, Selagineae, Myoporineae, Cordiaceae und Asperifoliae.
36. Klasse. Tubiflorae mit den Ordnungen 143—147 Convolvulaceae, Polemoniaceae, Hydrophylleae, Hydroleaceae und Solanaceae.
37. Klasse. Personatae mit den Ordnungen 148—154 Scrophularineae, Acanthaceae, Bignoniaceae, Gesneraceae, Pedalineae, Orobancheae und Utricularieae.
38. Klasse. Petalanthae mit den Ordnungen 155—159 Primulaceae, Myrsineae, Sapotaceae, Ebenaceae und Styraceae.
39. Klasse. Bicornes mit den Ordnungen 160 und 161 Epacrideae und Ericaceae.

Vierte Cohorte.

Mit mehrblättriger Blumenkrone begabte. Dialypetalae.

Thalamifloren und pleiopetale Calycifloren nach Decandolle.

40. Klasse. Diacanthae mit den Ordnungen 162—168 Umbelliferae, Araliaceae, Ampelideae, Corneae, Loranthacea, Hamamelideae und Bruniaceae.
41. Klasse. Corniculatae mit den Ordnungen 169—171 Crassulaceae, Saxifragaceae und Ribesiaceae.
42. Klasse. Polycarpicae mit den Ordnungen 172—180 Menispermaceae, Lardizabaleae, Myristiceae, Anonaceae, Schizandraceae, Magnoliaceae, Dilleniaceae, Ranunculaceae und Berberideae.
43. Klasse. Rhoeades mit den Ordnungen 181—185 Papaveraceae, Cruciferae, Capparideae, Resedaceae und Datisceae.
44. Klasse. Nelumbia mit den Ordnungen 186—188 Nymphaeaceae, Calombeae und Nelumboneae.
45. Klasse. Parietales mit den Ordnungen 189—201 Cistineae, Droseraceae, Violarieae, Sauvagesieae, Frankeniaceae, Turneraceae, Samydeae, Bixaceae, Homalineae, Passifloreae, Malesherbiaceae, Loaseae und Papayaceae.
46. Klasse. Peponiferae mit den Ordnungen 202—204 Nhandirobeae, Cucurbitaceae und Pregoniaceae.
47. Klasse. Opuntieae mit der einzigen 205ten Ordnung Cacteae.

48. Klasse. Caryophyllini mit den Ordnungen 206 — 209 Mesembryanthemeae, Portulaceae, Caryophylleae und Phytolacceae.
49. Klasse. Columniferae mit den Ordnungen 210 — 213 Malvaceae, Sterculiaceae, Büttneriaceae und Tiliaceae.
50. Klasse. Guttiferae mit den Ordnungen 214 — 222 Dipterocarpeae, Chlaenaceae, Ternstroemiaceae, Clusiaceae, Marcgraviaceae, Hypericineae, Elatineae, Reaumuriaceae und Tamariscineae.
51. Klasse. Hesperides mit den Ordnungen 223 — 227 Humiriaceae, Olacineae, Aurantiaceae, Meliaceae und Cedralaceae.
52. Klasse. Acera mit den Ordnungen 228 — 232 Acerineae, Malpighiaceae, Erytroxyleae, Sapindaceae und Rhizoboleae.
53. Klasse. Polygalinae mit den Ordnungen 233 und 234 Tremandreae und Polygaleae.
54. Klasse. Frangulaceae mit den Ordnungen 235 — 241 Pittosporeae, Staphyleaceae, Celastrineae, Hippocrateaceae, Ilicineae, Rhamneae und Chailletiaceae.
55. Klasse. Tricoccae mit den Ordnungen 242 — 244 Empetreae, Stackhousiaceae und Euphorbiaceae.
56. Klasse. Terebinthineae mit den Ordnungen 245 — 254 Juglandeae, Anacardiaceae, Burseraceae, Connapaceae, Ochnaceae, Simarubaceae, Xanthoxyleae, Diosmeae, Rutaceae und Zygophylleae.
57. Klasse. Gruinates mit den Ordnungen 255 — 260 Geraniaceae, Lineae, Oxalideae, Balsamineae, Tropaeoleae und Limnantheae.
58. Klasse. Calyciflorae mit den Ordnungen 261 — 268 Vochysiaceae, Combretaceae, Alangieae, Rhizophoreae, Philadelpheae, Oenothereae, Halorageae und Lythrarieae.
59. Klasse. Myrtiflorae mit den Ordnungen 269 und 270 Melastomaceae und Myrtaceae.
60. Klasse. Rosiflorae mit den Ordnungen 271 — 275 Pomaceae, Calycantheae, Rosaceae, Amygdaleae und Chrysobalaneae.
61. Klasse. Leguminosae mit den Ordnungen 276 — 278 Papilionaceae, Swartzieae und Mimoseae.

§. 243. Schließlich fügen wir hier noch ein in der neuesten Zeit von Willkomm (Anleitung zum wissenschaftlichen Studium der Botanik 1854 Bd. 2. S. 78 ff.) aufgestelltes Pflanzensystem bei, dessen Hauptabtheilungen auf der Beschaffenheit der Fortpflanzungsorgane beruhen und das mit Berücksichtigung einer großen Anzahl untergegangener Pflanzen die Nadelhölzer als das Mittelglied beider Hauptabtheilungen annimmt. Die ganze Pflanzenwelt zerfällt in 7 Klassen mit niederen Kategorien und subordinirten Familien (deren Willkomm 290 anführt und auf folgende Weise geordnet hat).

Erstes Reich.

Sporengewächse. Sporophyta. Plantae sporophorae.

Erste Abtheilung.

Bedecktsporige oder geschlechtslose Sporenpflanzen.

Sporophyta agama. Plantae angiosporae.

Erste Klasse.

Fadenzellige oder unvollkommene Angiosporen.

Angiosporae fibro-cellulosae s. imperfectae.

1. Ordnung. Fungi mit den Familien 1 — 6 Phycomycetes, Coniomycetes, Hyphomycetes, Gasteromycetes, Ascomycetes und Hymenomycetes.
2. Ordnung. Lichenes mit den Familien 7 und 8 Homeomerici und Heteromerici.

Zweite Klasse.

Angiosporen mit parenchymähnlichen Zellen; vollkommenere Angiosporen.

Angiosporae cellulis parenchymatoideis praeditae s. perfectiores.

3. Ordnung. Algae.
   1. Unterordnung. Isacarpeae mit den Familien 9 — 14 Palmellaceae, Nostochaceae, Bangiaceae, Confervaceae, Valoniaceae und Fucoideae.
   2. Unterordnung. Heterocarpeae mit den Familien 15 bis 19 Ceramiaceae, Delessertiaceae, Rhodomeniaceae, Lomentariaceae und Phyllophoraceae.

Zweite Abtheilung.

Nacktsporige oder geschlechtliche Sporenpflanzen.

Sporophyta gamica. Plantae gymnosporae.

Dritte Klasse.

Zellige Gymnosporen.

Gymnosporae cellulares.

4. Ordnung. Ambiguae mit der 20sten Familie Characeae.
5. Ordnung. Hepaticae mit den Famil. 21—24 Riccieae, Anthoceroteae, Marchantiaceae und Jungermanniaceae.
6. Ordnung. Musci frondosi mit den Famil. 25 — 27 Schistocarpi, Cleistocarpi und Stegocarpi.

Vierte Klasse.

Gefäßführende Gymnosporen.

Gymnosporae vasculares.

7. Ordnung. Filices mit den Famil. 28—34 Hymenophylleae, Polypodiaceae, Gleicheniaceae, Schizaeaceae, Osmundaceae, Marathiaceae und Ophioglosseae.
8. Ordnung. Equisetaceae mit den Famil. 35 und 36 Equisetae und (fossile) Calamiteae.
9. Ordnung. Rhizocarpeae mit den Famil. 37 und 38 Salviniaceae und Marsiliaceae.
10. Ordnung. Lycopodiaceae mit den Famil. 39—41 Isoeteae, Selagineae und (fossile) Lepidodendreae.

Zweites Reich.

Samengewächse. Spermatophyta. Plantae spermatophorae.

Erste Abtheilung.

Nacktsamige Samengewächse.

Gymnospermae.

Fünfte Klasse.

Nacktsamige Samengewächse. Gymnospermae.

a. Gymnospermae genuinae.

11. Ordnung. Antediluvianae (fossil) mit den Famil. 42—44 Asterophylliteae, Sigillarieae und Noeggerathieae.
12. Ordnung. Restantes mit den Famil 45 und 46 Cycandeae und Coniferae.
13. Ordnung. Parasiticae mit der 47sten Famil. Loranthaceae.

Zweite Abtheilung.

Bedecktsamige Samenpflanzen.

Angiospermae.

Sechste Klasse.

Mit einem Kotyledon begabte Samenpflanzen.

Monocotyledonae.

b. Gymnospermae ambiguae.

14. Ordnung. Fluviales mit den Famil. 48 und 49 Lemnaceae und Najadeae.
15. Ordnung. Spadiciflorae mit den Famil. 50—54 Zosteraceae, Potamogetoneae, Aroideae, Typhaceae und Pandaneae.

16. Ordnung. Glumaceae mit den Famil. 55 und 56 Gramineae und Cyperaceae.
17. Ordnung. Enantioblastae mit den Famil. 57—61 Centrolepideae, Restiaceae, Eriocauloneae, Xyrideae und Commelynaceae.
18. Ordnung. Ensatae mit den Famil. 62 — 67 Burmanniaceae, Irideae, Haemodoraceae, Hypoxideae, Amaryllideae und Bromeliaceae.
19. Ordnung. Helobiae mit den Famil. 68 — 70 Alismaceae, Butomeae und Hydrocharideae.
20. Ordnung. Gynandrae mit den Famil. 71 und 72 Orchideae und Apostasieae.
21. Ordnung. Scitamineae mit den Famil. 73 — 75 Zingiberaceae, Cannaceae und Musaceae.
22. Ordnung. Coronariae mit den Famil. 76—82 Juncaceae, Philydreae, Melanthaceae, Pontederaceae, Smilaceae, Dioscoreae und Liliaceae.
23. Ordnung. Principes mit der 83sten Familie Palmae.

Siebente Klasse.

Mit zwei Kotyledonen begabte Samenpflanzen.

Dycotyledoneae.

Erste Unterklasse.

Blumenkronenlose. Apetalae.

24. Ordnung. Rhizantheae mit den Famil. 84 - 86 Balanophoreae, Cytineae und Rafflesiaceae.
25. Ordnung. Aquaticae mit den Famil. 87—89 Ceratophylleae, Podosdemoneae und Callitrichieae.
26. Ordnung. Piperitae mit den Famil. 90—92 Chloranthaceae, Piperaceae und Saurureae.
27. Ordnung. Amentaceae mit den Famil. 93 – 99 Casuarineae, Myriceae, Salicineae, Betulaceae, Cnpuliferae, Plataneae und Balsamifluae.
28. Ordnung. Urticinae mit den Famil. 100 — 106 Ulmaceae, Celtideae, Moreae, Artocarpeae, Urticaceae, Cannabineae und Antidesmeae.
29. Ordnung. Oleraceae mit den Famil. 107 — 111 Chenopodiaceae, Amaranthaceae, Phytolacceae, Polygoneae und Nyctagineae.
30. Ordnung. Thymelaeae mit den Famil. 112 — 121 Monimiaceae, Laurineae, Myristiceae, Gyrocarpeae, Santalaceae, Daphnoideae, Aquilarineae, Elaeagneae, Penaeaceae und Proteaceae.
31. Ordnung. Serpentariae mit den Famil. 122 und 123 Aristolochieae und Nepentheae.

Zweite Unterklasse.

Ganzblumige. Gamopetalae.

a. Ovario infero.

32. Ordnung. Aggregatae mit den Famil. 124—127 Valerianeae, Dipsaceae, Compositae und Calycereae.
33. Ordnung. Campanulinae mit den Famil. 128—132 Bruноniaceae, Goodeniaceae, Lobeliaceae, Campanulaceae und Stylidieae.
34. Ordnung. Stellatae mit den Famil. 133 und 134 Rubiaceae und Cinchonaceae.
35. Ordnung. Caprifoliaceae mit den Famil. 135 und 136 Lonicereae und Vaccinieae.

b. Ovario supero.

36. Ordnung. Ericinae mit den Famil. 137 — 139 Pyrolaceae, Ericaceae und Epacrideae.
37. Ordnung. Plumbagines mit den Famil. 140 und 141 Plumbagineae und Plantagineae.
38. Ordnung. Labiatiflorae nuculiferae mit den Famil. 142 bis 147 Selagineae, Globularieae, Stilbaceae, Myoporineae, Verbenaceae und Labiatae.
39. Ordnung. Labiatiflorae capsuliferae mit den Famil. 148 bis 153 Acanthaceae, Gesneraceae, Bignoniaceae, Scrophularineae, Orobancheae und Utricularieae.
40. Ordnung. Tubiflorae mit den Famil. 154—159 Borragineae, Hydrophylleae, Polemoniaceae, Convolvulaceae, Hydroleaceae und Solanaceae.
41. Ordnung. Limbiflorae mit den Famil. 160 — 171 Primulaceae, Myrsineae, Gentianaceae, Apocynaceae, Asclepiadeae, Loganiaceae, Oleaceae, Bolivarieae, Jasmineae, Sapotaceae, Ebenaceae und Styraceae.

Dritte Unterklasse.

Mit mehrblättriger Blumenkrone begabte. Pleiopetalae.

a. Ovario infero s. semisupero.

42. Ordnung. Umbraculiferae mit den Famil. 172 — 174 Corneae, Araliaceae und Umbelliferae.
43. Ordnung. Corniculatae mit den Famil. 175 — 177 Saxifrageae, Philadelpheae und Ribesiaceae.
44. Ordnung. Opuntieae mit der 178sten Famil. Cacteae.
45. Ordnung. Peponiferae mit den Famil. 179 — 181 Cucurbitaceae, Loaseae und Begoniaceae.
46. Ordnung. Calycanthae mit den Famil. 182 — 188 Alangieae, Combretaceae, Rhizophoreae, Vochysiaceae, Myrtaceae, Melastomaceae und Halorageae.

b. Ovario infero spurio.

47. Ordnung. Pseudocarpicae mit den Famil. 189—192 Onagrarieae, Calycantheae, Granateae und Pomaceae.

c. Ovario supero.

α. Staminibus perigynis.

48. Ordnung. Rosiflorae mit den Famil. 193 — 196 Rosaceae, Chrysobalaneae, Amygdalaceae und Lythrarieae.

49. Ordnung. Succulentae mit den Famil. 197 — 200 Ficoideae, Crassulaceae, Portulacaceae und Paronychiaceae.

50. Ordnung. Leguminosae mit den Famil. 201 — 203 Papilionaceae, Swartzieae und Mimoseae.

51. Ordnung. Terebinthineae mit den Famil. 204—208 Terebinthaceae, Anacardiaceae, Burseraceae, Connaraceae und Juglandineae.

52. Ordnung. Rhamnoideae mit den Famil. 209 — 218 Chailletiaceae, Homalineae, Samydeae, Rhamneae, Ilicineae, Hippocrateaceae, Celastrineae, Staphyleaceae und Pittosporeae.

β. Staminibus hypogynis.

53. Ordnung. Rutarieae mit den Famil. 219 — 224 Ochnaceae, Simarubeae, Xanthoxyleae, Diosmeae, Rutaceae u. Zygophylleae.

54. Ordnung. Gruinates mit den Famil. 225 — 229 Oxalideae, Balsamineae, Limnantheae, Tropaeoleae und Geraniaceae.

55. Ordnung. Acerideae mit den Famil. 230—234 Rhizoboleae, Sapindaceae, Acerineae, Malpighiaceae und Erytroxyleae.

56. Ordnung. Hesperides mit den Famil. 235 — 239 Cedrelaceae, Meliaceae, Aurantiaceae, Olacineae und Humiriaceae.

57. Ordnung. Guttiferae mit den Famil. 240 — 249 Tamariscineae, Reaumuriaceae, Elatineae, Hypericineae, Lineae, Marcgraviaceae, Clusiaceae, Terustroemiaceae, Chlaenaceae und Dipterocarpeae.

58. Ordnung. Columniferae mit den Famil. 250—253 Tiliaceae, Büttneriaceae, Sterculiaceae und Malvaceae.

59. Ordnung. Caryophyllinae mit den Famil. 254 — 256 Alsineae, Sileneae und Frankeniaceae.

60. Ordnung. Cistoideae mit den Famil. 257 — 261 Sauvagesieae, Violarieae, Droseraceae, Cistineae und Bixaceae.

61. Ordnung. Cruciflorae mit den Famil. 262 — 264 Flacourtianeae, Capparideae und Cruciferae.

62. Ordnung. Rhoeades mit den Famil. 265 — 270 Resedeae, Datisceae, Tremandreae, Polygaleae, Fumariaceae und Papaveraceae.

63. Ordnung. Nelumbivideae mit den Famil. 271 — 273 Nymphaeaceae, Nelumbieae und Podophylleae.

64. Ordnung. Berberides mit der 274sten Famil. Berberideae.

65. Ordnung. Polycarpicae mit den Famil. 275 — 281 Anonaceae, Schizandreae, Menispermeae, Lardizabaleae, Ranunculaceae, Dilleniaceae und Magnoliaceae.

Mit mehrblättriger Blumenkrone begabte Dikotyledonen von ungewisser Unterordnung.

Familie 282—290. Turneraceae, Fouqueriaceae, Passifloreae, Bruniaceae, Coriarieae, Empetreae, Euphorbiaceae, Stackhousiaceae, Ampelideae.

Willkomm giebt selbst zu, daß in seinem System die Anordnung an vielen und großen Mängeln leide und daß sich in der Reihenfolge bedeutende Lücken zeigen, doch glaubt er die Aneinanderreihung der Ordnungen und Familien im Allgemeinen weit naturgemäßer ausgeführt zu haben, als es durch Unger und Endlicher geschehen ist.

Ueber Schleiden's natürliche Anordnung der Pflanzenwelt vergl. man unter dem dritten Abschnitt.

Zweiter Abschnitt.

Beschreibungslehre der Pflanzen. Phytographie.

§. 244. Die Phytographie hat eine zweifache Aufgabe, nemlich einmal die Arten, Gattungen, Familien u. s. w. zu benennen und zum anderen dieselben in einer solchen Weise zu beschreiben, daß sie von anderen verwandten Arten, Gattungen, Familien u. s. w. unterschieden und selbst bestimmt werden können. Sie zerfällt daher in zwei Theile, nemlich in denjenigen Theil, der von den Regeln, welche bei der wissenschaftlichen Benennung der verschiedenen Kategorien der Pflanzenwelt zu beobachten sind, und von den verschiedenen Benennungen, welche die Arten, Gattungen u. s. w. im Laufe der Zeit erhalten haben, handelt, und in denjenigen Theil, welcher die Gesetze, die bei der wissenschaftlichen Beschreibung der Arten, Gattungen u. s. w. befolgt werden muß, so wie auch die verschiedenen Arten der Pflanzenbeschreibung, welche nach und nach in Gebrauch gekommen sind, kennen lehrt. Zur wissenschaftlichen Benennung und Beschreibung der Pflanzen bedient man sich, um für Alle Botaniker verständlich zu sein, bestimmter und klarer, auf festen Begriffen beruhender Ausdrücke, welche in der botanischen Kunstsprache §§. 39 — 63 zusammengefaßt sind und deren Kenntniß nicht allein zur kunstgerechten Beschreibung und Benennung der Pflanzen, sondern auch zur Verständigung beim Gebrauch phytographischer Werke, diese mögen in deutscher oder in lateinischer Sprache abgefaßt sein, unbedingt nothwendig ist.

Erste Abtheilung.

Von den wissenschaftlichen Benennungen der Pflanzen. Nomenklatur.

§. 245. Im Alterthum und zum Theil noch im Mittelalter wurden die Pflanzen von den damaligen Botanikern nur mit den Vulgärnamen

bezeichnet. Im Mittelalter wurde zur Bezeichnung der Pflanzen die lateinische Sprache verwendet; da jedoch jede Pflanze nur einen Namen hatte, so wurde dem Namen derselben, um sie von anderen zu unterscheiden, eine kurze Charakteristik beigefügt, wie z. B. Globularia, Bellidi similis C. Bauh. die Globularia vulgaris L. ist. Durch Tournefort wurde zuerst der Gattungsbegriff geschaffen, indem er den nach seiner Ansicht verwandten Arten einen gemeinsamen Namen und zur Unterscheidung der verschiedenen Arten einer Gattung ein passendes Beiwort als Speciesnamen beifügte. Linné stellt fürerst die Regeln auf, daß die zu einer Gattung gehörenden Arten im Bau der Blüthe und Frucht übereinstimmen müssen, und daß eine jede Pflanze eine aus zwei Wörtern bestehende Benennung zu erhalten habe, von denen das erstere, der Gattungsnamen, stets ein Hauptwort sein müsse, dagegen das zweite, der Speciesnamen, in der Regel ein Beiwort, eine wesentliche Eigenschaft der betreffenden Pflanzenart ausdrücken solle. Diese Regel in Beziehung auf den Speciesnamen ist eine streng wissenschaftliche, aber leider von den späteren Systematikern und selbst von Linné nicht immer befolgt worden, indem man für den Speciesnamen entweder zwei Namen (gewöhnlich die alten lateinischen Vulgärnamen) z. B. Vitex als Gattungsnamen, und agnus castus als Speciesnamen, oder, was jedoch nicht verwerflich ist, den Namen eines Botanikers im Genitiv oder in ein Beiwort umgeändert dem Gattungsnamen als Speciesnamen hintenanfügt, wie z. B. Saxifraga Clusii oder Clusiana. Gänzlich sind die aus Länder- oder Städtenamen gebildeten Speciesnamen zu verwerfen, da es nur selten Pflanzen giebt, die auf ein einzelnes Land oder gar auf die Gegend einer Stadt angewiesen sind, und ebensowenig dürften die Eigennamen für Speciesbezeichnungen nicht so sehr latinisirt werden, wie z. B. der Speciesnamen von Hedysarum Fontanesii selbst für die Mehrzahl der Botaniker keine Erinnerung an Desfontaines, dem Verf. der Flora atlantica giebt. Die ursprüngliche Regel Linné's, den Speciesnamen aus gewissen Eigenschaften der Pflanzen zu bilden, bleibt die einzig gute, besonders wenn dabei die Formverhältnisse des gesammten Organismus, wie z. B. bei Anemone ranunculoides, oder einzelner Theile desselben, wie z. B. bei Salisburia adiantifolia, der Ueberzug, wie z. B. bei Ballota lanata, die Farbe der Blume, wie bei Monarda purpurea, der Geruch der Blume, wie bei Viola odorata, die Lebensdauer, wie bei Bellis perennis, berücksichtigt sind. Für die Benennungen der Unterarten und Abarten gelten dieselben Regeln, wie für die eigentlichen Arten, nur daß der Gattungsnamen bei ihnen wegfällt, wie bei Brassica Rapa: Unterart 1) oleifera; 2) rapifera; auch die Spielarten und Formen werden gewöhnlich nur mit Beiwörtern bezeichnet. Die Bastardpflanzen werden dadurch bezeichnet, daß der Speciesnamen der Stammältern verbunden und dabei der der befruchteten Pflanze voraus und im Ablativ gesetzt wird. Endlich werden den Pflanzenbenennungen, sie mögen für Arten oder Abarten, Spielarten und Formen der Name des Botanikers, welcher die betreffende Pflanze benannt, hintenangesetzt und zwar der Raumersparniß wegen in Abkürzung, wie z. B. Salsola sativa L. oder Linn. so viel bedeutet, daß die Pflanzenart von Linné benannt worden ist (wegen der Abkürzungen wird auf §. 34 verwiesen). Es ist dieses von großer Wich-

tigkeit und durchaus nothwendig, da es früher häufig vorgekommen ist und leider auch jetzt noch vorkommt, daß zwei oder mehrere Systematiker verschiedene Pflanzen mit einem und demselben Namen benannt haben, wofür die eben genannte Salsola sativa Linn. ein treffendes Beispiel giebt, da sie von Salsola sativa Cav. himmelweit verschieden ist und einer ganz anderen Gattung angehört.

§. 246. Für die Benennung der Gattungen läßt sich keine so bestimmte Regel aufstellen, wie für die Benennung der Arten. Die alten griechischen und römischen Eigennamen von Pflanzenarten, welche entweder Gottheiten gewidmet waren, wie Paeonia von Päon, Gott der Heilkunst, oder ihre Namen von gewissen Eigenschaften erhalten haben, wie Narcissus von ναρκάω, betäuben, oder ganz ohne Ableitung sind, wie Prunus, Quercus u. s. w., wurden von Tournefort und Linné zur Benennung von Pflanzengattungen benutzt. Außerdem wurden deutsche Vulgärnamen in's Griechische oder Lateinische übersetzt, wie z. B. Löwenzahn in Leontodon, Steinbrech in Saxifraga, oder arabische, indische, chinesische, japanische, amerikanische Vulgärnamen entweder unverändert oder mit lateinischer Endigung, so wie die Namen der griechischen und römischen Götter und besonders der Göttinnen, Nymphen u. s. w., und seit Linné besonders die Namen der Botaniker mit Anhängung von ia oder a als Gattungsnamen benutzt. Das zweckmäßigste wäre freilich, das Wort einer allen Arten der Gattung zukommenden und sie charakterisirenden Eigenschaft als Gattungsnamen zu gebrauchen, wie bereits bei vielen Pflanzengattungen durch Uebersetzung in das Griechische geschehen ist, z. B. Adenocarpus von Drüsenfrucht, Mesembryanthemum von Mittagsblume u. s. w., aber leider ist es in vielen Fällen gar nicht möglich, solche Gattungsnamen zu bilden. Für die Untergattungen und Rotten hat man ebenfalls keine festgeregelte Benennungsweise. Nur bei großen artenreichen ist es Sitte, derjenigen Untergattung oder Rotte, welche die typischen Pflanzen enthält, den Gattungsnamen mit Vorsetzung der Sylbe eu (von εὐ, recht, wohl), wie z. B. bei Eudianthus und im Gegensatz derjenigen Untergattung oder Rotte, deren Arten am wenigsten den Gattungscharakter zeigen, den Gattungsnamen mit Vorsetzung der Sylben pseudo, wie z. B. bei Pseudodianthus, zu geben. Viele Systematiker bedienen sich aber nur der Bezeichnung mit Ziffern oder Paragraphzeichen, in welchen die Charakteristik der Untergattung oder Rotte gegeben ist.

§. 247. Die Benennung der Familien ist durchaus willkürlich. Man hat wohl zur Bezeichnung derselben allgemeine Eigenschaften der die Familie bildenden Pflanzen gewählt, wie z. B. nach dem Bau und der Form der Blumenkrone benannte Familien die Labiaten, Cruciferen, nach der Form des Blüthenstandes benannte Familien die Umbelliferen, Amentaceen u. s. w., nach der Form der Frucht benannte Familien die Coniferen, Leguminosen u. s. w. sind, aber die Mehrzahl ist nach einer in der Familie enthaltenen Gattung, welche die Familienmerkmale besonders deutlich und vollkommen erkennen läßt, benannt, wobei die Endung des Gattungsnamen in eae oder aceae verwandelt wird. Beide Endungen drücken aber einen verschiedenen Sinn aus, indem die erstere die nähere Verwandtschaft ausdrückt und deßhalb bei den typischen Familien angewendet wird, die letztere

die entferntere Verwandtschaft bezeichnet; jedoch wird von den meisten Systematikern auch hierin nicht consequent verfahren. Die Gruppen und übrigen Unterabtheilungen der Familien werden diesen ähnlich benannt; am gebräuchlichsten ist es, dieselben nach derjenigen Gattung zu nennen, welche die größte und wichtigste ist oder die ausgeprägtesten Merkmale zeigt.

Ueber die Benennungen der höheren Kategorien verweisen wir auf die Systeme §§. 233—243.

§. 248. In phytographischen Werken finden sich die Pflanzenarten oft mit mehr als einem Namen aufgeführt. Diese Bezeichnungen werden Synonyme genannt und sind doppelten Ursprunges, indem sie theils durch eine verschiedene Auffassung des Begriffes von Art und Gattung, theils durch einen wirklichen Irrthum in der Bestimmung entweder in Folge einer flüchtigen Untersuchung oder in Folge der Unkenntniß der früheren Benennungen von Seiten des den Namen aufstellenden Systematikers veranlaßt werden können. Das bezeichnendste Beispiel für beide Fälle giebt die eßbare Kastanie, welche von Linné zur Gattung Fagus gezogen und Fagus Castanea genannt wurde, bis Gärtner nachwies, daß die Kastanie generisch von Fagus verschieden sei und sie zu einer neuen Gattung erhob und Castanea vesca benannte; später machten Miller und Lamarck von einander unabhängig dieselbe Absonderung der Kastanie von der Gattung Fagus und Erhebung zu einer besonderen Gattung, ohne die Gärtner'sche oder die gegenseitige Beobachtung zu berücksichtigen und so entstanden zwei neue Namen, nemlich Castanea sativa nach Miller und Castanea vulgaris nach Lamarck. Es sind also die Bezeichnungen Fagus Castanea Linn., Castanea vesca Gaertn., Castanea sativa Mill. und Castanea vulgaris ganz identisch, aber die Linné'sche durch eine falsche Auffassung des Begriffes, die Miller'sche und Lamarck'sche hingegen durch eine Vernachlässigung der Geschichte entstanden. Diese vielen Synonyme, die sich noch bei einer sehr großen Anzahl von Pflanzen finden, sind ein wahrer Uebelstand, müssen aber stets berücksichtigt werden, um betreffende Pflanzen in älteren Schriften und Sammlungen auffinden zu können; insbesonders muß die Autorität stets mit angeführt sein. Für die höheren Kategorien der Pflanzenordnungen giebt es ebenfalls Synonyme, wie aus den Systemen zu ersehen ist.

Zweite Abtheilung.

Von der wissenschaftlichen Beschreibung der Pflanzen. Phytographie (im engeren Sinn).

§. 249. Die Schilderungen der Pflanzen müssen ein getreues Bild derselben geben und, damit dieses Bild schnell in der Vorstellung des Lesers in allen seinen Einzelheiten hervorgerufen wird, frei von allen entbehrlichen Zusätzen sein, überhaupt nur die Merkmale der Pflanzen enthalten, weßhalb alle phytographische Beschreibungen nur Haupt- und Beiwörter, aber keine Zeitwörter enthalten sollen und dieselben keine über-

flüssigen Bemerkungen enthalten dürfen. Man hat bei der Pflanzenbeschreibung die Beschreibung im engeren Sinn, die Charakteristik und die Diagnose, sowie auch die Monographie und Synopsis zu unterscheiden.

§. 250. Die Pflanzenbeschreibung im engeren Sinn oder die Description ist die genaue, in der Angabe sämmtlicher Merkmale des Pflanzenkörpers und seiner Theile bestehende Schilderung einer Art, Gattung oder Familie. Es werden dabei nicht die Familien-, Gattungs- oder Speciescharakter, sondern alle nur auffindbare Merkmale hervorgehoben und mit der Beschreibung der Wurzel oder des Rhizoms begonnen, dann auf die des oberirdischen Axensystems (der Stengel und Aeste) übergegangen, damit die der Laubblätter nach ihrer Stellung, Richtung, Form ꝛc., der Nebenblätter und verwandter Organe verbunden, hierauf die des Blüthenstandes, der Bracteen und Blüthenstiele gegeben und mit der Schilderung der Theile der Blüthe von Innen nach Außen verbunden und mit der Beschreibung des äußeren und inneren Baues der Frucht und des Samens geschlossen.

§. 251. Die Charakteristik enthält nur die wesentlicheren und constanten Merkmale sämmtlicher Theile der Pflanze in umgekehrter Ordnung zur Description, d. h. sie beginnt mit der Frucht und der Blüthe und schließt mit der Wurzel oder dem Rhizom.

§. 252. Die Diagnose enthält nur die Unterscheidungsmerkmale, also die wesentlichen Charaktere der Arten, Gattungen und Familien. Es wird dabei gar keine Rücksicht auf die allgemeine Form der Pflanze genommen, überhaupt keine Schilderung derselben entworfen, sondern dabei nur Rücksicht auf die Zusammenstellung derjenigen Merkmale, welche die auffallendsten Erscheinungen der betreffenden Pflanzen bezeichnen und durch welche sich dieselben von den ihnen verwandten Pflanzen unterscheiden, genommen.

§. 253. Die Monographie ist die genaue auf alle Merkmale Rücksicht nehmende Beschreibung, bei welcher die betreffende Art, Gattung oder Familie als ein für sich bestehendes, in sich abgeschlossenes Ganzes, als eine Einzelart, Einzelgattung oder Einzelfamilie, aber nicht im Zusammenhange mit verwandten Arten, Gattungen oder Familien betrachtet wird. Es wird daher bei der Monographie gar nicht Rücksicht auf die Unterscheidungscharaktere genommen, diese werden vielmehr erst später nach der Angabe der Synonyme anfangsweise beigefügt; man bedient sich der Description (§. 250) und verbindet damit häufig die Diagnose oder Charakteristik, namentlich bei Monographien von Gattungen oder Familien. Monographien werden überhaupt nur bei neuen noch gar nicht beschriebenen oder ungenügend bekannter Pflanzen bearbeitet.

§. 254. Die synoptische Beschreibung oder Synopsis ist eine übersichtliche Schilderung einer größeren Anzahl von Pflanzen mit alleiniger Berücksichtigung der Unterscheidungsmerkmale, weßhalb man sich sowohl bei der Charakterisirung der Arten, als auch bei der der Gattungen und Familien der Diagnose bedient und die Citate der bereits vorhandenen Beschreibungen und Abbildungen, sowie die Synonyme gewöhnlich hinter den Namen stellt. Die Synopsis erleichtert dadurch, daß sie nur auf die hervorstechenden Charaktere der Pflanzen Rücksicht nimmt, ungemein das

Bestimmen der Pflanzen, und findet insbesonders bei Aufzählung von bereits bekannten Pflanzen, namentlich bei der Abfassung von Floren eines in phytognostischer Hinsicht vollkommen oder hinreichend bekannten Landes, Anwendung.

Anmerk. Um das Bestimmen der Pflanzen nach Floren und phytographischen Werken überhaupt zu erleichtern, wird der Aufzählung der Pflanzen eine sog. Clavis analytica vorausgeschickt; diese besteht aus einem Verzeichniß der unter allgemeineren Gesichtspunkten in kleinere oder größere Gruppen vereinigten Gattungen mit ganz kurzer Angabe der hauptsächlichsten Unterscheidungsmerkmale, wobei man gewöhnlich zur Erleichterung für Anfänger das künstliche System in Anwendung bringt.

Dritter Abschnitt.

Einleitung in die Kenntniß des natürlichen Systems und der officinellen Pflanzen.

Erste Abtheilung.

Das natürliche System von Schleiden.

§. 255. Nach Schleiden ist die Pflanze ein aus einer oder aus mehreren Zellen zusammengesetzter Naturkörper, dessen Zellen immer eine äußere, aus Zellstoff gebildete Wand haben, und der sich durch isolirte Zellen, die Sporen (oder Pollenkörner) fortpflanzt. Sie zerfallen zunächst in eilf Hauptentwicklungsstufen, welche zusammen zwei große Hauptabtheilungen bilden (vergl. §§. 111 ff.).

A. Verhülltsporige. Angiosporae.

(§§. 114—117).

Die Sporen entwickeln sich in Mutterzellen (Sporenhüllen) und bleiben bis zu ihrer Aussaat in denselben eingeschlossen. Die Pflanzen haben keine ächten Stengel und Blätter und keine Gefäßbündel.

I. Erste Entwicklungsstufe. **Algen** (vergl. §. 115).
II. Zweite Entwicklungsstufe. **Pilze** (vergl. §. 116).
III. Dritte Entwicklungsstufe. **Flechten** (vergl. §. 117).

B. Nacktsporige. Gymnospermae.

(§§. 118—167).

Die Sporen (oder die Pollenkörner) entwickeln sich in Mutterzellen, welche sogleich aufgelöst werden. Die Sporen liegen dann frei in einer bestimmten Höhlung der Pflanzensubstanz,

Sporenfrucht (oder im Staubbeutel), und werden erst durch späteres Ausreißen derselben ausgestreut. Die Pflanzen haben ächte Stengel und Blätter, die letzteren mindestens in den Blüthentheilen, und besitzen Gefäßbündel.

I. Geschlechtslose. Agamae.

(§§. 119 — 127).

Die Sporen entwickeln sich ohne nachweisbaren Einfluß eines anderen Organs der Mutterpflanze zu neuen Individuen.

1. Geschlechtslose Pflanzen ohne Wurzelbildung.

(§§. 120 und 121).

Der aus der Spore hervorwachsende Hauptkörper der Pflanze ist nur nach der einen Seite zum Stengel, nicht aber nach der anderen Seite zur Wurzel entwicklungsfähig. Die Gefäßbündel der Pflanzen enthalten keine Gefäße.

IV. Vierte Entwicklungsstufe. **Lebermoose** (§. 120).
V. Fünfte Entwicklungsstufe. **Laubmoose** (§. 121).

2. Geschlechtslose Pflanzen mit Wurzelbildung.

(§§. 122 — 127).

Der aus der Spore hervorgehende Hauptkörper der Pflanze ist nach der einen Seite zum Stengel, nach der anderen Seite zu einer ächten Wurzel entwicklungsfähig.

VI. Sechste Entwicklungsstufe. **Bärlapp-Pflanzen** (§. 125).
VII. Siebente Entwicklungsstufe. **Farrnkräuter** (§. 126).
VIII. Achte Entwicklungsstufe. **Schafthalme** (§. 127).

II. Geschlechtspflanzen. Gamae.

(§§. 128 — 167).

Die Sporen, hier Pollenkörner benannt, entwickeln sich nur dann zu neuen Pflanzen, wenn sie durch die Berührung mit einem anderen Organ der Mutterpflanze, mit der Samenknospe, dazu befähigt werden.

a. Athalamische Pflanzen.

(§§. 129 und 130).

IX. Neunte Entwicklungsstufe. **Wasserfarrn** (§. 130).

b. Thalamische Pflanzen.

(§§. 131 — 167).

Die Samenknospe bleibt mit der Mutterpflanze in Verbindung; in ihr entwickelt sich durch das Pollenkorn eine Pflanzenanlage, der Keim, und sie wird dann als Same abgeworfen.

X. Zehnte Entwicklungsstufe. **Nacktsamige.** *Gymnospermae.* (§§. 137 — 139).

Familien: Cycadeae, Coniferae und Loranthaceae.

Die Samenknospen entwickeln sich bei den Gymnospermen frei an der Pflanze, nicht in einer von derselben gebildeten Höhlung. Die Pollenkörner werden daher unmittelbar auf den Knospenmund übergetragen.

Eilfte Entwicklungsstufe. **Verhülltsamige.** *Angiospermae.* (§§. 140 - 167).

Die Samenknospen entwickeln sich bei den Angiospermen in einer von der Pflanze gebildeten Höhlung, in dem Fruchtknoten; die Pollenkörner werden daher zunächst auf die Stempelmündung übertragen, verlängern sich hier in einen Schlauch und dringen so abwärts bis in die Samenknospe; während des Reifens des Samens wird der Fruchtknoten zur Frucht.

Erste Entwicklungsreihe.

Einsamenlappige Pflanzen. Monocotyledonae.

(§§. 153 — 156).

Die Pflanzen haben ausschließlich geschlossene Gefäßbündel, welche auf dem Querschnitt der Stämme und Stengel niemals einen einfachen geschlossenen Kreis bilden; die Blattnerven verlaufen meistentheils gerade oder gekrümmt parallel mit rechtwinkelig abgehenden Verbindungsästen, selten sind die Adern netzförmig verzweigt; die Wirtel der Blüthentheile sind größtentheils drei-, selten zwei- oder vier-, niemals fünfzählig. Niemals kommt eine ächte Blüthenscheibe vor. Die Samenknospen haben stets zwei Knospenhüllen.

Die Monokotyledonen zerfallen in drei Entwicklungsformen, nach der Art und Weise, wie die Blüthen aus der einfachsten Anlage sich zu immer verwickelteren Formen heranbilden. Anfänglich erscheinen die Fortpflanzungsorgane allein; dieses giebt die Reihe der Blumenlosen. Dann kommt zu den Fortpflanzungsorganen die Blumenbildung hinzu; dies giebt dann die Reihe der Blumenbildenden. Endlich vereinigen sich eine größere Anzahl vollständiger Blumen abermals in einer Hülle zu einer Einheit, und dieses giebt die Reihe der zusammengesetztblüthigen. In jeder dieser drei Formen kann man dann die Familien wiederum nach verschiedenen Eigenheiten in ihrer Entwicklung in größere oder kleinere Gruppen zusammenfassen, wobei der größere oder geringere Antheil, welchen der Blüthenstiel als halb oder ganz unterständiger Fruchtknoten an der Bildung der Blüthe nimmt, als das wichtigste erscheint.

Blumenlose Monokotyledonen.

Die Geschlechtsorgane erscheinen hier zerstreut an der Pflanze als ächt eingeschlechtige Blüthen, oder Staubblätter und Fruchtknoten gesetzmäßig zusammengeordnet, als Zwitterblüthen.

XI. Familien: Najadae Juss., Aroideae Juss., Typhaceae Dec., Pandaneae RBr.

Blumenbildende Monokotyledonen.

Die Geschlechtsorgane, in eingeschlechtigen oder Zwitterblüthen, sind von einer Blume umgeben; die Blume besteht aus einer einfachen Blüthendecke, seltner aus Blüthendecke und Nebenkrone.

a. mit unterständigen Blumen:

aa. Rechtkeimer oder Geradkeimer:

XII. Familien: Palmae L., Liliacea Lindl., Smilaceae RBr., Colchicaceae Dec., Junceae Dec.

bb. Gegenkeimer:

XIII. Familien: Centrolepideae Desv., Restiaceae RBr., Eriocauloneae Rich., Comelynaceae RBr., Xyrideae Kunth., Alismaceae RBr., Butomeae Rich.

b. mit halboberständigen Blumen:

XIV. Bromeliaceae Lindl.

c. mit oberständigen Blumen:

aa. Geradkeimer:

α. mit Fruchtblattstaubweg:

XV. Familien: Dioscoreae RBr., Taccaceae Presl., Amyrillideae RBr., Hypoxydeae RBr., Haemodoraceae RBr., Irideae RBr., Scitamineae Endl., Musaceae Ag.

β. mit Stengelstaubweg:

XVI. Orchideae.

bb. Gegenkeimer:

XVII. Familien: Burmanniaceae Bl., Hydrocharideae Dec.

Zusammengesetztblüthige Monokotyledonen.

Die einzelnen Blüthen, durch den Druck der gedrängten Stellung des Blüthenstandes meist symmetrisch und in einzelnen Theilen verkümmert oder fehlgeschlagen, treten zu kleinen Aehren zusammen, die am Grunde von einer Blüthenscheide oder zweiblättrigen Hülle umfaßt werden. Diese Aehren bilden dann, unter den verschiedensten Formen zusammengeordnet, Blüthenstände. Zuweilen verkümmern bei wenigblüthigen Aehren selbst die meisten Blüthen zu Scheinblumen oder verschwinden gänzlich, so daß die ganze Aehre nur noch aus einer von der Scheide oder Hülle

umschlossenen wirklichen Blüthe besteht; daher der scheinbar eine Unmöglichkeit enthaltende Unterschied von ein-, zwei- und mehrblüthigen Aehren.

XVIII. Familien: Cariceae Schk., Cyperaceae Dec., Gramineae Juss.

Zweite Entwicklungsreihe.

Zweisamenlappige Pflanzen. Dicotyledonae.

(§§. 157—167).

Die Pflanzen haben ausschließlich ungeschlossene Gefäßbündel, welche auf dem Querschnitt der Stämme oder Stengel meist einen einfachen geschlossenen Kreis bilden; die Blattnerven einzeln oder zu mehreren, die Adern gewöhnlich netzförmig verzweigt; die Wirtel der Blüthentheile sind häufig fünfzählig; oft kommt eine unterständige oder oberständige ächte Blüthenscheibe vor; die Samenknospen bestehen aus einem nackten Knospenkern oder haben eine oder zwei Knospenhüllen.

Die Dikotyledonen zerfallen, wie die Monokotyledonen, in blumenlose, blumenbildende und zusammengesetztblüthige Entwicklungsformen, und jede dieser Formen theilt sich wieder in größere oder kleinere Familiengruppen. Hier wird die Bildung der Blume, die Bildung der Scheibe und des halb oder ganz unterständigen Fruchtknoten der wichtigste Entscheidungsgrund.

Blumenlose Dikotyledonen.

Die Geschlechtsorgane zerstreut als ächt eingeschlechtige Blüthen oder gesetzmäßig zusammengeordnet als Zwitter, aber immer ohne Blumenbildung.

XIX. Familien: Chlorantheae (?) Lindl., Ceratophylleae Gray., Lacistemeae Mart., Podostemeae Rich., Callitrichaceae Lindl., Piperaceae Rich., Saurureae zum Theil, Plataneae (Balsamifluae), Salicineae Rich., Betulaceae Bartl., Proteaceae RBr.

Blumenbildende Dikotyledonen.

In dieser großen Abtheilung sind die Hauptgruppen 1) nach der Art der Blumenbildung, je nachdem nemlich die Blume als einfache Blüthendecke sich darstellt oder zu Kelch, Krone u. s. w. entwickelt, und 2) nach der Stellung der Blüthentheile, je nachdem dieselben alle in Wirteln stehen, oder alle oder doch die Geschlechtsorgane oder mindestens die Staubfäden in Spiralen gestellt sind, gesondert.

a. mit einfacher Blüthendecke, Blüthentheile in Wirteln:

aa. ächt oder unächt eingeschlechtige, selten vielehige oder gar Zwitter:

α. unterständige Blumen:

XX. Familien: Myriceae Rich., Casuarineae Mirb., Urticaceae (Artocarpeae, Moreae, Urticeae, Ulmaceae, Celtideae, Antidesmeae (?) Sweet.)

β. oberständige Blumen:

XXI. Familien: Cupuliferae Rich., Iuglandeae Dec.

bb. Zwitterblüthen:

α. unterständige Blumen:

XXII. Familien: Oleraceae Endl. (Chenopodeae, Amarantaceae, Scleranthaceae?), Polygoneae Juss., Nyctagineae Juss., Santalaceae RBr., Laurineae Vent. (Monimiaceae?), Elaeagneae RBr., Thymeleae Juss., Aquilarineae RBr., Penaeaceae.

β. oberständige Blumen:

XXIII. Familien: Aristolochiaceae Lindl., Rhizantheae Bl.

b. mit einfacher oder doppelter Blüthendecke; die Blüthentheile sämmtlich, oder Staubblätter und Fruchtknoten in einer Spirale und daher unbestimmt zählig:

aa. Landpflanzen:

XXIV. Familien: Ranunculaceae Juss., Magnoliaceae Dec. (Winteraceae), Schizandreae Bl., Annonaceae Dun., Dilleniaceae Dec., Myristiceae Dec.

bb. Wasserpflanzen:

XXV. Familien: Nymphaeaceae Salisb., Hydropeltideae Meisn., Nelumboneae Bartl.

c. mit Kelch und Krone; sämmtliche Blüthentheile wirtelständig:

aa. Blume unterständig, Krone und Staubblätter auf dem einfachen Blumenboden befestigt:

α. die Kronenblätter nicht untereinander und mit den Staubblättern verwachsen:

αα. die Staubblätter untereinander meist nicht verwachsen:

XXVI. Familien: Menispermeae Jeaume (Ladizarbaleae), Berberideae Vent., Papaveraceae Juss., Cruciferae Adam., Capparideae Vent., Passifloreae Juss., Resedaceae Dec. (Datisceae), Caryophylleae Dec., Portulaceae Juss., Cistineae Dec., Tamariscineae Desv., Reaumuriaceae Lindl., Droseraceae Dec., Bixaceae Lindl., Violaceae Juss. (Sauvagesieae, Fränkeniaceae).

ββ. die Träger der Staubfäden meist in verschiedener Weise untereinander verwachsen:

1. Blume meist symmetrisch; Kelch dachig; Staubblätter wenig; Staubbeutel mit Poren sich öffnend. Rein bittere Pflanzen:

XXVII. Familien: Polygaleae Juss., Tremandraceae RBr.

2. Kelch dachig; Blumenkrone meist symmetrisch, zuweilen fehlschlagend; Staubblätter bis 20; Frucht apocarp. Pflanzen mit sehr verschiedenen Stoffen.

XVIII. Familien: Acerineae Dec., Erythroxyleae Kunth., Malpighiaceae Juss., Sapindaceae Juss.

3. Blume regelmäßig; Kelch dachig; Staubblätter zahlreich; Frucht apocarp. Balsamische Pflanzen.

XXIX. Familien: Hypericineae Dec. (Elatineae?), Clusiaceae Lindl., Canellaceae Mart., Ternstroemiaceae Lindl., Dipterocarpeae Bl., Cedreleae RBr., Meliaceae Juss.

4. Blume regelmäßig; Kelch klappig; Frucht syncarp. Schleimführende Pflanzen.

XXX. Familien: Tiliaceae Juss., Steruliaceae Vent., Büttneriaceae RBr., Malvaceae Juss.

5. Kelch dachig oder klappig; Krone meist fehlschlagend; Stempel syncarp. Giftpflanzen.

XXXI. Familien: Euphorbiaceae RBr. (Stackhusiaceee), Phytolacceae RBr. (Petiveriaceae Link.), Empetreae.

6. Fruchtblätter apocarp auf scheibenförmigem oft drüsig gelapptem Stempelträger; Spaltfrüchte; Krone dachig. Aromatisch-bittere Pflanzen.

XXXII. Familien: Xanthoxyleae A. Juss., Ochnaceae Dec., Simarubeae Dec., Diosmeae A. Juss., Rutaceae Bartl., Zygophyllicae RBr. (Melianthaceae).

7. Fruchtblätter apocarp; Stempelträger fehlend; Kapselfrüchte; Krone in der Knospenlage gedreht. Saure Pflanzen.

XXXIII. Familien: Oxalideae Dec., Lineae Dec., Limnantheae RBr., Geraniaceae Dec., Balsamineae A. Rich.

β. Kronenblätter untereinander und mehr oder weniger mit den Staubblättern verwachsen:

αα. Blumen regelmäßig:

o. 2 Stempel; die Stempelmündungen verschlossen, in einen fleischigen Körper (Mündungskörper) verwachsen, an dessen Grunde sich 5 secundäre Eingänge zur Fruchthöhle bilden:

XXXIV. Familien: Asclepiadeae Jacq., Apocyneae RBr.

oo. 1 Stempel aus 2 Fruchtblättern, deren eingeschlagene Ränder die Samenknospen tragen und je nachdem sie mehr oder weniger nach Innen vorspringen, 2 und (abermals zurückgeschlagen) selbst 4 Fächer bilden; Krone meist mit gedrehter Knospenlage:

XXXV. Familien: Loganiaceae Endl., Gentianeae Juss., Jasmineae RBr., Oleaceae Lindl.

ooo. 1 Stempel aus 2 – 5 Fruchtblättern, zwei- bis fünf-, äußerst selten einfächerig; Samenknospen an einem centralen, mit den eingeschlagenen Rändern der Fruchtblätter verwachsenen Mittelsäulchen befestigt, 1, 2, selten mehr in einem Fache:

XXXVI. Familien: Convolvulaceae Endl., Polemoniaceae Vent., Hydrophylleae RBr., Hydrooleaceae RBr., Solaneae Juss.

ββ. Blumen symmetrisch:

o. Fruchtknotenfächer vielknospig; Frucht eine Kapsel (Class.: Didynamia angiospermia Linn.):

XXXVII. Familien: Scrophularineae RBr., Orobancheae Rich., Pedalineae RBr., Bignoniaceae RBr., Gesnerieae Rich., Acanthaceae RBr.

oo. Fruchtknotenfächer einknospig, Spaltfrucht:

XXXVIII. Familien: Labiatae Juss., Verbenaceae Juss., Asperifoliae Linn., Nolanaceae Lindl., Selagineae Juss., Myoporineae RBr., Cordiaceae RBr.

γγ. Kronenträger regelmäßig oder symmetrisch; Samenträger frei central:

XXXIX. Familien: Globularieae Dec., Plumbagineae Vent., Utricularieae Endl., Primulaceae Vent., Myrsineae RBr.

δδ. Krone regelmäßig, meist krugförmig, häutig oder lederartig, sehr selten fast getrennt blättrig:

XL. Familien: Sapotaceae Endl., Ebenaceae Vent., Ericeae RBr., Epacrideae RBr., Plantagineae Vent.

bb. Scheibenblumen. Kelch, Krone und Staubblätter auf dem Rande und der oberen Fläche einer Scheibe:

α. Fruchtknoten 1, meist mehrblättrig; Staubblätter bis 5, seltner mehr:

αα. Keimblätter groß, fleischig, verwachsen oder verklebt; Blumen meist symmetrisch:

XLI. Familien: Tropaeoleae Juss., Sapindaceae Juss., Hippocastaneae Endl.

ββ. Keimblätter nicht auffallend groß, frei; Blüthen regelmäßig, meist ansehnlich. Balsambäume.

XLII. Familien: Styraceae Endl., Anacardiaceae Lindl., Aurantiaceae Corr., Burseraceae Kunth.

γγ. Keimblätter nicht auffallend groß, frei; Blüthen unansehnlich; purgirende Sträucher, zuweilen mit Ranken:

XLIII. Familien: Staphyleaceae Bartl., Celastrineae RBr., Aquifoliaceae Dec., Rhamneae RBr., Ampelideae Kunth.

β. Fruchtknoten 1 oder 5, einblättrig; Staubblätter 10 oder 15, selten mehr:

XLIV. Familien: Amygdaleae Endl., Connaraceae RBr., Papilionaceae RBr., Caesalpiniae RBr., Swartzieae Dec., Mimoseae RBr.

γ. Fruchtknoten 5 oder mehrere, selten weniger; Staubblätter 20 oder mehr, selten weniger; Scheibe sehr groß:

XLV. Familien: Rosaceae Juss., Pomaceae Lindl., Granateae Endl.

cc. Halb oder ganz oberständige Blumen:

α. Fruchtknoten wenig bis halb oberständig, zwei- bis vielfächerig; Samenträger scheidewand- oder bodenständig, selten wandständig; Kronenblätter getrennt. Schwach salzige oder säuerliche Pflanzen.

XLVI. Familien: Crassulaceae Dec., Mesembryanthemeae Fenzl.

β. Fruchtknoten halb unterständig, zwei-, seltner drei- oder fünffächerig; Samenträger central; Kronenblätter getrennt; Blätter krautartig oder fleischig. Säuerliche Pflanzen.

XLVII. Familien: Saxifrageae Vent., Hamamelideae RBr., Brunoniaceae RBr.

γ. Fruchtknoten halb unterständig, fünf- bis vielfächerig; Samenträger central; Kronenblätter getrennt oder verwachsen; Blätter lederartig. Bittere od. gerbstoffhaltige gewürzige Pflanzen.

XLIII. Familien: Myrtaceae RBr., Melastomeae RBr., Vaccinieae Dec.

δ. Fruchtknoten unterständig einfächerig, durch die wandständigen Samenträger mehr oder weniger getheilt; oberständige Scheibe meist stark entwickelt; Blätter krautartig:

XLIX. Familien: Onagreae Spach., Grossularieae Dec., Cacteae Dec., Cucurbitaceae Juss., (? Begoniaceae RBr.), Loaseae Juss.

ε. Fruchtknoten unterständig, zwei- bis vielfächerig; Samenträger central; oberständige Scheibe meist fehlend:

$\alpha\alpha$. Staubweg aus Fruchtblättern gebildet:

o. Kronenblätter frei; Fruchtknoten zweifächerig, Fächer einknospig:

L. Familien: Cornaceae Lindl., Arialiceae Juss., Umbelliferae Juss.

oo. Kronenblätter verwachsen; Fruchtknoten zwei-, selten mehrfächerig, Fächer ein- bis vielknospig; Blätter in zweizähligen Wirteln:

LI. Familien: Caprifoliaceae Rich., Stellatae Lindl., Cinchonaceae Lindl.

ooo. Kronenblätter meist verwachsen; Fruchtknoten ein- bis fünffächerig; Fächer vielknospig; Blätter zerstreut:

LII. Familien: Campanulaceae Bartl., Lobeliaceae Bartl., Goodeniaceae Endl.

$\beta\beta$. Staubweg aus dem Stempel gebildet; an seinem Ende die Staubbeutel tragend:

LIII. Familie: Stylideae RBr.

ζ. Fruchtknoten mit einer hängenden Samenknospe; Blätter in Wirteln:

LIV. Familien: Valerianeae Endl., Dipsaceae Juss.

Zusammengesetztblüthige Dikotyledonen.

LV. Familien: Calycereae RBr., Compositae Vaill.

Die Familien sind zum Theil noch in Unterfamilien und in Zünfte getheilt, die in nachfolgender Abtheilung nur insoweit angegeben werden, als sie für officinelle Pflanzen von Wichtigkeit sind. Die den Familien beistehenden römischen Zahlen haben Bezug auf den Text der zweiten Abtheilung, um darauf verweisen und Wiederholungen vermeiden zu können, haben aber sonst keinen anderen Werth, als daß sie die Zahl der Familiengruppe angeben sollen.

Zweite Abtheilung.

Die officinellen Pflanzen aus den Familiengruppen des natürlichen Systems von Schleiden.

Vorbemerkung. In den §§. dieser Abtheilung wird bloß die Charakteristik und das allgemeine chemische Verhalten der Familien und Gattungen, welche officinelle oder in technischer Beziehung wichtige Pflanzen enthalten, gegeben, in Bezug auf ihr Vorkommen, ihre Synonyma und übrigen Verhältnisse auf den ersten Band des Apothekerbuches und größere phytographische Werke verwiesen.

Erste Familiengruppe.

§. 256. Die Algen, deren morphologische Verhältnisse §. 115. erörtert sind, haben ein äußerst gallertartiges Zellgewebe, welches reich an gallertartiger Zwischenzellensubstanz ist und in reinem kalten oder kochendem Wasser größtentheils zu Gummi zerfließt, worauf ihre Anwendung zur Ernährung der Menschen und Thiere und ihre Benutzung als gummöse Substanz für manche technische Gewerbe beruht. Die im Meer lebenden Algen heißen Tange und geben beim Verbrennen eine Asche, die außer den gewöhnlicheren Aschenbestandtheilen auch kohlensaures Natron und Brom- und Jodverbindungen enthält und unter dem Namen Vareck oder Kelp technisch auf diese Verbindungen bearbeitet wird, wozu man hauptsächlich die Asche von Fucus vesiculosus L., Fucus nodosus L., Fucus serratus L., Laminaria digitata Lamour., Laminaria bulbosa Lamour., Himanthalia lorea Lyngb. und Chorda filum Lamour. benutzt.

Die wichtigsten officinellen Arten dieser Gruppe sind:

Sphaerococcus crispus Ag. officinell als Lichen carraghen, Perlmoos oder Irländisches Moos, auch oft einen Gemengtheil des Wurmmoos ausmachend.

Sphaerococcus lichenoides Ag., officinell als Fucus amylaceus, Jafnamoos.

Gigartina helmintochortos Lamour., officinell als Helmintochortos, Wurmmoos oder Korsikanisches Moos; vergl. Bd. 1. S. 578.

Zweite Familiengruppe.

§. 257. Die Pilze (vergl. §. 116) haben ein eigenthümliches weiches, fettartig anzufühlendes Gewebe und enthalten viel Stickstoff, weßhalb viele derselben, wie z. B. Tuber cibarium Bull. oder die Trüffel, Morchella esculenta Pers. oder die Morchel, Agaricus campestris L. oder der Champignon, Boletus edulis Pers. oder der Steinpilz, Agaricus caesareus All. oder der Kaiserling u. s. w. als ein gutes, jedoch schwer verdauliches Nahrungsmittel benutzt werden. Andere Pilze enthalten narkotisch-scharfe, giftige Stoffe, wie z. B. Amanita muscaria Pers. oder der Fliegenschwamm (vergl. Bd. 1. S. 572).

Die wichtigsten officinellen Arten dieser Gruppe sind:

Polyporus fomentarius Fries., welcher als Boletus ignarius oder Feuerschwamm und Agaricus chirurgorum oder Blutschwamm benutzt wird; vergl. Bd. 1. S. 570.

Polyporus officinalis Fries., liefert den Boletus laricis oder Agaricus albus, Lerchenschwamm; vergl. Bd. 1. S. 571.

Dritte Familiengruppe.

§. 258. Die Flechten (vergl. §. 117) sind äußerst hyproskopisch, geben aber auch an trockner Luft schnell die Feuchtigkeit wieder ab; ihr Zellgewebe, besonders aber ihre Intercellularsubstanz hat viel Verwandtschaft mit dem Stärkmehl, weßhalb auch manche als Nahrungsmittel dienen können. Sie enthalten meist eigenthümliche, schwache, ungefärbte oder helle Säuren, die durch Alkalien in blaue und rothe Farbstoffe verwandelt werden; derartige Farbstoffe enthaltende Präparate sind der Lackmus, Persio und die Orseille (vergl. Bd. 1. S. 690 und 691 und Bd. 3. S. 696 bis 704), welche hauptsächlich aus Roccella tinctoria Dec., Parmelia pallescens β parella fries und Parmelia tartarea Achar. bereitet werden. Außerdem enthalten viele Flechten einen eigenthümlichen bitteren Stoff, der fieberwidrig wirken soll, weßhalb auch die ihn enthaltende Parmelia parietina Achar. als Muscus parietinus (vergl. Bd. 1. S. 581) gegen Wechselfieber angewendet wurde.

Officinell ist aus dieser Gruppe:

Cetraria islandica Achar. als Lichen islandicus oder Isländisches Moos; vergl. Bd. 1. S. 679—681.

Vierte Familiengruppe; die Lebermoose (vergl. §. 120) sind ganz ohne Nutzen; früher wurde die Marchantia polymorpha Linn. und die Fegatella officinalis Raddi bei Leberkrankheiten benutzt.

Auch die fünfte Familiengruppe, die Laubmoose (vergl. §. 121) enthält, bietet in ihren Gattungen und Arten Nichts, als daß einige derselben, besonders die zahlreichen Sphagnum-Arten Theil an der Bildung des Torfs nehmen. Früher war Polytrichum commune Linn. und die verwandten Pflanzen als Herba Adiandi aurei officinell.

Sechste Familiengruppe.

§. 259. Die Sporenfrüchte der Bärlappflanzen (§. 125) entwickeln sich als einfache, meist nierenförmige Säckchen aus dem Grunde der oberen Seite der Sporenblätter; außerdem kommen bei einigen Arten noch Kapseln vor, welche, aus einem Stengelende entstanden, 4 größere Sporen enthalten. Die Pflanzen dieser Gruppe sind nur wegen ihrer Sporen von Wichtigkeit, da dieselben als sog. Semen Lycopodii oder Bärlappsamen (vergl. Bd. 1. S. 547) officinell sind.

Gatt.: Lycopodium Spring. Char.: Die Sporenfrüchte einfächerig, fast nierenförmig, mit einer Querritze aufspringend, alle gleich; Sporenblätter entweder den übrigen gleich und nicht am Ende der Stengel ährenförmig zusammengehäuft, wie bei Lyc. Selago Linn., oder den übrigen Blättern unähnlich und einzelne Aehren am Ende der beblätterten Zweige bildend, wie bei Lyc. annotinum L., oder von den übrigen verschieden und am Ende fast blattloser Zweige zwei oder mehrere

Aehren bildend, wie bei Lyc. Complanatum L. und Lyc. clavatum Linn. Officinell sind auch die Blätter als Herba Lycopodii.

Siebente Familiengruppe.

§. 260. Die Sporenfrüchte der Farrnkräuter (vergl. §. 126) stehen in großer Anzahl auf dem Rücken der Sporenblätter oder am Rande der auf die Hauptnerven reducirten Sporenblätter. Die Pflanzen haben wenig eigenthümliche Stoffe; bei vielen tropischen Arten ist der untere Theil des Blattstieles reich an Stärkmehl und wird, wie z. B. der von Pteris esculenta Forst., Marattia cicutaefolia u. A. auf den Südseeinseln als Nahrungsmittel benutzt. Gewöhnlich enthalten sie im Stengel und Stamm neben einem besonderen grünen fetten Oele auch ätherische Oele und Gerbstoff, wodurch ihre medicinische Verwendung (vergl. unten) bedingt wird; andere enthalten in Stengel und Blättern süßliche, schleimige und schweißtreibende Stoffe, wie Adiantum capillus Veneris Linn., welches als Herba Capilli Veneris oder Venushaar (vergl. Bd. 1. S. 383) auch jetzt noch officinell ist und sonst eine bedeutende Rolle im Arzneischatz spielte. Die langen schmalen Spreublättchen von Aspidium Baromez Willd. sind in neuerer Zeit als blutstillendes Mittel unter der Bezeichnung Agnus scythicus oder Barometz in Anwendung gekommen.

Von den sieben Familien dieser Gruppe (vergl. unter §. 242) ist nur eine von pharmaceutischen Interesse, nemlich:

Famil. Polypodiaceae.

Die Sporenfrüchte auf der unteren Fläche der Blätter mit senkrechtem oder ercentrischem Ringe, sitzend oder gestielt, quer aufreißend.

Zunft 1. Polypodieae. Sporenfrüchte gestielt, mit senkrechtem Ring; Sporen kugelig oder länglich.

Gatt.: Polypodinm Linn. Die Fruchthäufchen rundlich, zerstreut oder in Reihen; Schleierchen fehlt. Polypodium vulgare Linn. liefert die Radix polypodii oder Engelsüßwurzel (vergl. Bd. 1. S. 239) und Polypodium Calaguala Ruiz die Radix Calagualae (vergl. a. a. O. S. 190).

Gatt.: Nephrodium R. Br. Fruchthäufchen rundlich, zerstreut oder reihenweise; Schleierchen rundlich und eingeschnitten oder nierenförmig, nur im Einschnitt befestigt. Nephrodium filix mas Rich. liefert die Radix filicis maris oder Farrnkrautwurzel (vergl. a. a. O. S. 209 und 210).

Achte Familiengruppe.

§. 261. Die schildförmig gestalteten Sporenblätter der Schafthalme (vergl. §. 127) bilden Aehren an der Spitze der Stengel; jede Spore ist von zwei Spiralbändern umwickelt. Die Pflanzen zeichnen sich nur durch den großen Gehalt von Kieselerde in den äußeren Theilen aus und macht sie wegen der scharfen Beschaffenheit der Oberfläche, besonders bei Equisetum hyemale Linn., das als Herba Equiseti majoris oder Polirheu (vergl. Bd. 1. S. 397) auch noch hin und wieder officinell ist, als Polirmittel brauchbar. Equisetum arvense Linn. findet sich sehr häufig auf Wiesen und Culturland und ist demselben höchst nachtheilig;

es war früher als Herba Equiseti minoris oder Duvok, Kannenkraut (vergl. a. a. O. S. 398) officinell.

Einzige Gatt.: Equisetum Linn. Stamm 1. fruchtbare und unfruchtbare Stengel verschieden gestaltet, die ersteren farblos, unverzweigt, nach Ausstreuung der Sporen schnell vergehend, die später erscheinenden unfruchtbaren grün und verzweigt.

Die neunte Familiengruppe, die Wasserfarrn oder Rhizokarpeen (vergl. §. 130), hat keine irgend wie nutzbare Pflanzenart.

Zehnte Familiengruppe.

§. 262. Fam. Cycadeae Rich.

Unverästelte Stämme mit einem einfachen Schopf von Blättern an der Spitze und mit oberständigen Samenknospeu.

Hauptsächlich nur in den wärmeren Gegenden vorkommend und reich an einem zähen Gummi, im Mark auch an Stärkmehl. Cycas circinalis Linn. dient zur Bereitung von Sago (vergl. Bd. 1. S. 685)·

Fam. Coniferae Juss.

Bäume oder Büsche; Stämme immer verästelt, die Samenknospen oberständig.

Ueber die ganze Erde verbreitet, jedoch in den wärmeren Gegenden vorzugsweise auf die Berge beschränkt. In dem Holz, in der Rinde und in den Blättern enthalten sie fast sämmtlich ätherisches, leicht verharzendes Oel, worauf zum Theil ihre Verwendung begründet ist; das leichte Holz ist wegen des Gehaltes an Harz sehr dauerhaft und leicht entzündlich; die Samenkerne einzelner Arten, wie die Pinien von Pinus Pinea Linn. und die Zürbelnüsse von Pinus Cembra Linn. sind genießbar und officinell (vergl. Bd. 1. S. 503)*).

Die Coniferen, welche von vielen Systematikern als eine besondere Klasse betrachtet werden, zeigen manche Verschiedenheiten in der Organisation ihrer Glieder und werden deßhalb in drei verschiedene Zünfte eingetheilt, nemlich:

1. Zunft. Cupressineae mit den Gattungen *Juniperus* Linn., *Thuja* Linn. und *Callitris* Vent., deren officinelle Arten Juniperus communis Linn. Baccae, Lignum und Summitates Juniperi (s. a. a. O. S. 340, 349 und 484), Juniperus Sabina Linn. Herba Sabinae (s. S. 359) und Thuja occidentalis Linn. Herba Arboris vitae (s. S. 347) liefern und Callitris quadrivalvis Vent. die Mutterpflanze des Sandarachs (s. S. 622) ist.

2. Zunft. Abietineae nur die Gattung *Pinus* Linn. enthaltend, die aber in mehrere Stämme zerfällt, nemlich:

1) in *Pinus* mit den officinellen Arten Pinus sylvestris Linn. als die Mutterpflanze von Turiones Pini (s. S. 346), Pinus Mughus

---

*) Anmerk. A. a. O. sind irrthümlich Zürbelnüsse und Pinien von einer Pinusart abgeleitet.

Scop. und Pinus Cembra Linn., von welchen zwei verschiedene Sorten Balsamum hungaricum (s. S. 591) stammen, und Pinus pinaster Ait. als die Stammpflanze von Terebinthina gallica (s. S. 603).

2) in *Larix* Tournef. mit der officinellen Art Pinus Larix Linn. oder Larix europaea Dec. als die Mutterpflanze von Terebinthina veneta (s. S. 603).

2) *Abies* Link. mit der Art Pinus picea Linn. oder Abies excelsa Dec. als der Stammpflanze von Terebinthina argentoratensis (s. S. 602).

4) *Picea* Link. mit den Arten Pinus Abies Linn. oder Picea vulgaris Link. als der Mutterpflanze von Terebinthina communis (s. S. 602) und Pinus balsamea und canadensis Linn., von denen Balsamum canadense (s. S. 590) stammt.

Zur Zunft der Abietineen gehört die Gattung *Dammara* Don., deren Art D. orientalis Don. die Mutterpflanze des Dammarharzes (s. S. 613) ist. Unter den fossilen Coniferen wird Pinites succinifer Goepp. als die Mutterpflanze des Bernsteins (s. S. 805) betrachtet.

3. Zunft. Taxineae mit der Gattung *Taxus* Linn.; die Art Tax. baccata Linn. liefert Folia Taxi baccati (s. S. 359).

Fam. Loranthaceae Endl.

Stämme mit wenigen Ausnahmen parasitisch auf anderen Bäumen. Blätter lederartig, ungetheilt. Samenknospen unterständig.

Meist tropische Pflanzen; nur wenige finden sich in den gemäßigten oder kälteren Zonen. Sie enthalten in der Rinde und in den Samen häufig Viscin. Gattung *Viscum* Linn. Art Visc. album Linn. liefert Stipites Visci (s. S. 344); Gatt. *Loranthus* Linn. Art Lor. europaeus Jacq. ist die Mutterpflanze des Viscum quernum der älteren Aerzte und findet sich auf Eichen im südöstlichen Europa.

Eilfte Familiengruppe.

§. 263. Fam. Aroideae Juss.

Blüthen eingeschlechtig oder Zwitter; auf einem kurzen fleischigen Blüthenstengel (dem Kolben) vereinigt, welcher am Grunde meist von einem großen Deckblatt, der Blüthenscheide, umgeben ist. Fruchtknoten ein- oder mehrfächerig. Samenknospen verschieden gestaltet. Keim mit freiem oder eingeschlossenem Knöspchen, unbedeutendem Würzelchen und stark entwickeltem Keimblatt.

Die meisten Aroideen wachsen in tropischen Gegenden, wenige in gemäßigten Zonen. Die Mehrzahl derselben enthält einen scharfen klebrigen Zellsaft, oft zugleich einen scharfen, gewöhnlich blassen Milchsaft; jedoch ist der scharfe Stoff so flüchtiger Beschaffenheit, daß er oft schon beim einfachen Trocknen entweicht. Stengel und Stämme sind gewöhnlich reich an Stärkmehl; nur in wenigen finden sich gewürzige Stoffe.

Die Pflanzengattungen dieser Familie zeigen in ihrem Aeußeren eine große Verschiedenheit, weßhalb sie auch von vielen Systematikern als eine

besondere Klasse aufgestellt ist; sie lassen sich jedoch füglich in Zünfte zusammenstellen, nemlich:

1. Zunft. Lemnaceae oder Blattlinsen, die niedrigste Zunft mit kleinen blattlosen Pflanzen, wovon keine officinell ist;

2. Zunft. Araceae mit der Gattung *Arum* Linn. Art Arum maculatum Linn. als Mutterpflanze von Radix Ari (s. S. 178).

3. Zunft. Callaceae mit der Gattung Acorus Linn. Art Acorus Calamus Linn. als Mutterpflanze von Radix Calami (s. S. 190).

Zwölfte Familiengruppe.

§. 264. Fam. Palmae Linn.

Blüthen Zwitter oder eingeschlechtig, auf einem meist verzweigten, am Grund von einer lederartigen Scheide umfaßt werdenden Kolben.

Die Palmen sind mit wenigen unbedeutenden Ausnahmen auf die Tropen beschränkt. Wegen ihrer Bestandtheile oder wegen der Beschaffenheit einzelner Organe sind sie in sehr verschiedener Beziehung und zum Theil sehr nutzbar; so liefern von der Gattung *Sagus*, Art Sagus Rumphii Willd. den Indischen Sago (s. S. 685), von der Gattung Phoenix, Art Ph. dactylifera die Datteln (s. S. 493), von der Gattung *Calamus* die Arten Cal. Draco Willd., Cal. petraeus Lour., Cal. rudentum Lour. und Cal. verus Lour. das Indische Drachenblut (S. 622—624), Cal. dioicus das bekannte Stuhlrohr. Von der Gattung *Mannicaria*, Art Mann. sacciferia Gaertn. werden die Gefäßbündel der abgestorbenen Blätter und die äußeren faserigen Schichten der Steinbeeren zu verschiedenen Geweben benutzt. Gattung *Euterpe*, Art Euterpe caribaea Spr. liefert in seinen noch zur Knospe zusammengeschlossenen Blättern ein angenehmes Gemüse; Gattungen *Cocos* und und *Elaeis*, Arten Coc. nucifera Linn. und El. guineensis Jacq. gewähren durch das ölige Inneneiweiß der Samen theils eine ausgezeichnete nußähnliche Speise, theils das Material zum Palmöl und Cocosnußöl (s. S. 708 und 709). Die Gattungen *Raphia* und *Mauritia*, Arten Raph.: vinifera Lab. und Maur.: vinifera Mart. enthalten in den Stämmen zuckerhaltigen, gährungsfähigen Saft, der zur Weinbereitung benutzt wird.

Fam. Liliaceae Lindl.

Selten einjährige Kräuter, meist Stauden, mit Zwiebeln, Knollen oder Wurzelstöcken, zuweilen oberirdische, einfache oder verästelte Stämme. Blüthen in Aehren, Trauben, Dolden oder Köpfchen, auf unveränderten Blüthenstengeln, seltner von einer trockenhäutigen Scheide umfaßt, mit blumenartiger Blüthendecke; 2×3 nach Innen aufspringende Staubblätter.

Vorzugsweise in der gemäßigten und subtropischen Zone einheimisch. Die Pflanzen enthalten in ihren krautartigen Theilen gewöhnlich einen stark gummihaltigen, sehr klebrigen Zellsaft und mit demselben verbunden

bald mehr bald weniger eines flüchtigen scharfen Stoffes. In den Pflanzen aus der Zunft der Aloineen findet sich in besonderen Saftgängen ein bitterer, scharfer, harzhaltiger Extraktivstoff.

Die Liliaceen, welche von manchen Systematikern als eine Klasse betrachtet werden, zerfallen in mehrere Zünfte:

1. Zunft. Tulipaceae mit der Gattung *Lilium*, Arten Lil. candidum Linn. liefert Flores Lilii albi (s. S. 470) und Lil. martagou Linn. die jetzt gänzlich obsolete Radix Asphodeli.

2. Zunft. Agapantheae, deren Gattung *Phormium*, Art Ph.: tenax Forst. den Neuseeländischen Flachs giebt.

3. Zunft. Aloineae, deren Gattung *Aloë*, Arten Al. soccotrina Lam., Al. spicata Thunb., Al. vulgaris Lam., Al. Commelini Willd., Al. lingua Willd. u. A. die Aloë (s. S. 646—649) liefert.

4. Zunft. Asphodeleae. Gattung *Urginea*, Art Urg. maritima Steinh. ist die Mutterpflanze von Radix Scillae (s. S. 256 und 257). Gattung *Allium* Linn. zerfällt in mehrere Stämme, nemlich: 1) in *Anguinum* Don., Art Allium Victorialis Linn., Mutterpflanze von Radix Victorialis longae (s. S. 267), 2) in *Porrum* Tournef., Art Allium Porrum Linn., Porren, 3) in *Schoenoprassum* Koch, Arten Allium schoenoprassum Linn., Schnittlauch, und Allium ascalonicum Linn., Schallotte, bekannt als Küchenkräuter, Arten Allium Cepa Linn. und Allium fistulosum Linn., Küchenzwiebel, welche auch als Radix Cepae (s. S. 175) officinell ist und 4) in *Scorodon* Koch, Art Allium sativum Linn., Knoblauch, als Radix Allii sativi (s. S. 175) officinell.

Gattung *Asphodeline*, Art Asph. lutea Reichenb. ist als Mutterpflanze der absoleten Radix Asphodeli lutei zu erwähnen.

Gattung *Asparagus* Linn., Art Asp. officinalis auct. rec. liefert Radix Asparagi (s. S. 184); Gatt. *Dracaena*, Art Drac. Draco Linn. ist die Mutterpflanze des Kanarischen Drachenblutes (s. S. 624).

Fam. Smilaceae R. Br.

Von den Liliaceen besonders durch das strauchartige Ansehen und durch die meist netzförmig verästelten Nerven der Blätter unterschieden.

Meist in Amerika, zum geringeren Theil in Europa und den gemäßigteren Gegenden Asiens einheimisch. In den Wurzeln reich an Stärkemehl und Gummi, so wie auch Smilacin (s. Bd. 3. S. 662) enthaltend.

Gatt. *Convallaria* Linn., Art. Convall. majalis Linn. liefert die flores Liliorum convallium (s. S. 470).

Gatt. *Smilax*, Art Sm. medica Schlchtd. liefert Radix Sarsaparillae de Veracruz (s. S. 253); Sm. officinalis Kunth., Sm. syphilitica Willd., Sm. cordato-ovata Pers. und wohl noch andere Arten sind Mutterpflanzen von Radix Sarsaparillae lisbonensis (s. S. 251 und 252), Sm. China Linn. giebt Radix Chinae verae (s. S 194) und Sm. Pseudochina Linn. wahrscheinlich Radix Chinae spuriae (s. S. 193).

Fam. Colchiaceae Dec.

Blüthendecke 2—3blättrig, blumenartig; die Fächer der Staubblätter nach Außen gerichtet.

Die den Liliaceen in vielfacher Beziehung gleichenden und sich von diesen besonders nur durch die Stellung der Staubbeutelfächer im Knospenzustand unterscheidenden Colchiaceen sind über der ganzen Erde einheimisch, jedoch finden sich nur wenige in Europa. Die Pflanzen sind fast alle scharf, stark abführend und brechenerregend.

Gatt. *Colchicum* Linn., Art Colch. autumnale Linn. ist die Mutterpflanze von Radix, Semen und Flores Colchici (s. S. 196, 467 und 535).

Gatt. *Veratrum* Tournef., Arten Veratrum album Bernh., Mutterpflanze von Radix Mellebori albi (s. S. 217) und Ver. Sabadilla Retz. die von Semen Sabadillae (s. S. 558), der jedoch auch von Arten der verwandten Gattung *Sabadilla* Brandt. oder Schoenocaulon A. Gray. gesammelt wird.

Fam. Junceae Dec.

Grasähnliche Pflanzen (Kräuter oder Stauden), mit 2—3blättriger, meist trockenhäutiger, bleibender Blüthendecke, mit verkehrt kegelförmigem Keim.

Die fast nur in einer dürren häßlichen Form der Liliaceen erscheinenden Junceen finden sich in der gemäßigten und kalten Zone, besonders der nördlichen Erdhalbkugel. Ihre Glieder haben gar keine praktische Bedeutung, da auch die von Gatt. *Juncus* Linn., Art Junc. effusus Linn. stammende Radix Junci effusi aus wagerecht kriechenden, dicht verästelten, oberseits mit den Resten der röthlichbraunen Blattscheiden und der Stengel besetzten, unterseits mit feinen Wurzeln versehenen Wurzelstöcken bestehend, jetzt obsolet ist.

Die dreizehnte Familiengruppe enthält keine officinelle Pflanzenart; die vierzehnte, welche nur aus den Bromeliaceen besteht, ebenfalls nicht, ist jedoch insofern von Interesse, als die Gatt. Bromelia Linn., Art Brom. Ananas Linn. in der Scheinfrucht die beliebte Ananas giebt.

Fünfzehnte Familiengruppe.

§. 265. Fam. Irideae Juss.

Stauden; einfache Blüthendecke 2—3blättrig, 3 Staubblätter, mit auswärts aufspringendem Staubbeutel.

Die Irideen finden sich vorzugsweise in den wärmeren Theilen der gemäßigten Zone und besonders in den alten Welttheilen, namentlich in großer Zahl am Kap. Die Pflanzen enthalten in den Wurzelstöcken viel Stärkmehl, manche auch ein scharfes Weichharz nebst ätherischem Oel.

Gatt. *Iris* Linn. zerfällt nach der Beschaffenheit der äußeren Blumenblätter 1) in bärtige mit den Arten Iris germanica Linn. Mutterpflanze

von Radix Iridis nostratis (s. S. 227) und Iris florentina Linn. und pallida Lam., von welchen beiden Radix Iridis florentinae stammt, und in bartlose mit der Art Iris Pseudacorus Linn., der Mutterpflanze von Radix Iridis Pseudacori (s. S. 172).

Gatt. *Crocus* Linn., Art Croc. sativus Linn., dessen freie Staubwege getrocknet den Safran (s. S. 479) geben.

Famil. Scitamineae R. Br.

Stauden, seltner Sträuche; nur mit 1 entwickelten Staubblatt.

Die Scitamineen sind nur auf die Tropen beschränkt. Die Pflanzen sind in ihren unterirdischen Stämmen und den Samen reich an ätherischem Oel und deßhalb als Gewürze im Gebrauch; außerdem findet sich in den unterirdischen Stämmen, so wie auch bei manchen vorkommenden, an der Spitze rübenförmig angeschwollenen Wurzelfasern sehr reines feines Stärkmehl (Arrowroot), in ersteren auch oft eine Menge eines gelben harzartigen Farbstoffes. Sie zerfallen in mehrere Zünfte.

1. Zunft. Zingiberaceae mit den Gattungen *Zingiber* Gärtn., *Alpinia* Whit., *Curcurma* Roxb., *Elettaria* Whit. und *Amomum* Rosc. Von den Arten sind zu nennen Zingiber officinale Rosc. als die Stammpflanze von Radix Zingiberis (s. S. 270), Zing. Zerumbet Rosc. als die von Radix Zerumbet (s. S. 269) und Zing. Cassumunar Roxb. als die von Radix Cassumunar*), Alpinia Galanga als die von Radix Galangae (s. S. 212), Curcuma Zedoaria Salisb. als die von Radix Zedoariae (s. S. 268), Curc. longa Linn. als die von Radix Curcumae (s. S. 202) und Curc. angustifolia Linn. oder Curc. leucorhiza Roxb. als die von Arrowroot orientale (s. S. 684), Elettaria Cardamomum Whit. als die der Malabrischen Cardamomen (s. S. 526) und Elett. major. Sm. nach Pereira als die der Ceylanischen Cardamomen (s. S. 526), Amomum aromaticum Roxb. nach Endlicher als die der letzteren, Amom. Cardamomum Linn. als die der runden Cardamomen (s. S. 527), Amom. angustifolium Sonner. als die der Javanischen Cardamomen (s. S. 526) und Amom. Grana paradisi Afz. als die der Paradieskörner (s. S. 552).

2. Zunft. Marantaceae, Gatt. *Maranta* auct. rec., Arten Maranta arundinaceae Linn. und Mar. indica Tuss., erstere die Mutterpflanze von Arrowroot occidentale vernum, letztere von Arrowroot occidentale spurium (s. S. 684).

3. Zunft. Canneae; nur bekannte Zierpflanzen enthaltend.

Die übrigen Familien dieser Gruppe enthalten keine officinellen Pflanzenarten. In anderer Beziehung sind zu erwähnen:

Dioscoreae R. Br., die sich einfach als oberständige Smilaceen bezeichnen lassen. Gatt. *Dioscorea* Linn., Arten Diosc. sativa, alata und bulbifera, die wegen ihrer mehligen Wurzelstöcke als Igname oder

---

*) Radix Cassumunar s. Zedoariae luteae ist im ersten Band mit Radix Zerumbet zusammengeworfen, stammt jedoch von der im Text angegebenen Art und wird wie die Zerumbet statt des Ingwers benutzt, ist aber weniger angenehm gewürzhaft.

Yamswurzel bekannt, in den heißen Ländern fast allgemein angebaut werden.

Taccaceae Pressl. Aus den Wurzelstöcken der hierzu gehörenden Pflanzen, besonders aus denen der Gattung *Tacca* Linn., Art Tacca pinnatifida Linn., wird in Ostindien und auf den Südseeinseln ein feines Stärkmehl bereitet, das auch zuweilen als Arrowroot in den Handel kommt.

Amaryllideae R. Br. sind eigentlich vollständige Liliaceen, aber mit oberständigen Blüthen. Zerfallen in mehrere Zünfte, unter denen die Agaveae zu erwähnen, da die Gattung *Agave* Linn., Art Ag. americana Linn. Magueypflanze, durch ihren gährungsfähigen Saft in Mexiko die Stelle des Weinstocks vertritt.

Sechszehnte Familiengruppe.

§. 266. Fam. Orchideae R. Br.

Drei Blattorgane entspringen auf dem Staubweg; **1** oder **2** davon zu Staubblättern entwickelt, die anderen oder einer verkümmert oder fehlgeschlagen.

Die Orchideen finden sich auf der ganzen Erde verbreitet, jedoch am reichlichsten und mit der ausgezeichnetsten Entwicklung ihrer Blüthen in den Tropengegenden. Die Knollen, noch mehr aber die Scheinknollen der meisten hierher gehörenden Pflanzen sind reich an Stärkmehl und Schleim, die Beeren einiger auch gewürzhaft. Die große Familie wird in 7 Zünfte getheilt, von denen jedoch nur zwei von pharmaceutischem Interesse sind.

Zunft: Ophrideae, Gatt. *Orchis* Linn. zerfällt je nach der Zahl der Nerven auf den Deckblättern in mehrere Stämme. Arten Orchis morio, mascula, maculata, pyramidalis Linn. u. A. liefern Radix Saleb (s. Bd. 1. S. 248).

Gatt. Platanthera Rich., Arten Plat. bifolia Rich. und Plat. chlorantha Cust., mit eiförmigen, meist in eine lange Zaser ausgezogenen Knollen, die früher als Radix Satyrii officinell waren.

Zunft: Arethuseae, Gatt. *Vanilla* Sw., Arten Vanilla sativa, Van. sylvestris und Van. pompona Schiede liefern in den Früchten die bekannte Vanille (s. S. 509—511).

Aus der siebzehnten Familiengruppe sind nur die Hydrocharideae Dec. mit interessanten, auch in Deutschland vorkommenden Pflanzenarten zu erwähnen.

Achtzehnte Familiengruppe.

§. 267. Fam. Cariceae.

Blüthen ächt eingeschlechtig; die Stempelblüthen mit flaschenförmiger Blüthendecke. Selten Kräuter, meist Stauden mit kurz- oder langgliederigem Wurzelstock.

Die Cariceen finden sich fast nur in der gemäßigten und kalten Zone, namentlich als sog. Sauergräser auf nassen Wiesen, welche dann wenig Werth haben.

Gatt. *Carex* Linn., Arten Car. arenaria und hirta Linn. liefern Radix Caricis (s. S. 191).

Fam. Cyperaceae.

Die Blüthendecke der Stempelblüthen besteht nur aus **2** getrennten Blättchen oder mehreren, oft flachen Borsten, oder fehlt ganz.

Die Cyperaceen, zu denen von vielen Systematikern auch die Cariceen gerechnet werden, finden sich in den gemäßigten Zonen. Die Wurzelstöcke, besonders die knolligen Anschwellungen, sind reich an Stärkmehl.

Gatt. *Cyperus* Linn., Arten Cyperus longus Linn. giebt Radix Cyperi longi, Cyp. rotundus Radix Cyperi rotundi und Cyperus esculentus Linn. Radix Cyperi esculenti (s. S. 204 und 205).

Fam. Gramineae Juss.

Blüthendecke deckblättrig, ein Blatt meist fehlschlagend, die beiden anderen zu einem dünnhäutigen zweinervigen Blatt verwachsen; Nebenkrone dreiblättrig, oder durch Fehlschlagen zweiblättrig. Kräuter, Stauden, seltner Sträuche.

Die Gramineen oder Gräser bilden die größte aller monokotyledonen Familien und umfassen überhaupt $^1/_{20}$ aller phanerogamen Pflanzen; sie finden sich auf der ganzen Erde verbreitet. Die Wurzelstöcke und Stengel sind zu einer gewissen Zeit reich an Zucker; einige enthalten in den Wurzeln auch ätherisches Oel. Von besonderer Wichtigkeit ist aber der Eiweißkörper der Früchte, indem er in Verbindung mit dem vorhandenen Stärkmehl als das Hauptnahrungsmittel für Menschen und viele Thiere darstellt. Die Familie zerfällt in folgende Zünfte.

1. Zunft. Oryzeae mit der Gatt. *Oryza* Linn., Art Oryza sativa Linn. Reis, der in vielen Ländern angebaut wird und als Semen Oryzae (s. Bd. 1. S. 551) officinell ist.

2. Zunft. Phalarideae mit den Gattungen *Zea* Linn. und *Phalaris* Linn. und den Arten Zea Mais Linn. Mais oder Türkisches Korn, und Phalaris canariensis Linn., dessen Samen früher als Semen canariense officinell war und jetzt besonders als Vogelfutter dient.

3. Zunft. Paniceae mit der Gatt. *Panicum* Linn. und der Art Pan. miliaceum Linn., dessen Samen, der Hirse, als Nahrungsmittel dient.

4. Zunft. Stipaceae mit der Gatt. *Stipa* und Art Stipa pennata Linn. oder Federgras. Auch die 5. Zunft: Agrostideae enthält keine officinelle Pflanze und ist hier nur aus der Gatt. *Agrostis* Linn. die Art Agr. spica venti Linn., der Windhalm, zu erwähnen. Aus der 6. Zunft: Arundinaceae sind anzuführen die Gattungen *Arundo* und *Phragmites* Linn. mit den Arten Arundo arenaria Host., Strandrohr, das wegen des kriechenden Wurzelstockes bei der Befestigung der Sanddünen benutzt wird, Arundo donax Linn., Italienisches Rohr, welches zu verschiedenen Zwecken benutzt wird, und Phragmites communis Linn., Dachrohr, das im nördlichen Europa zum Decken der Dächer

dient. Die 7. Zunft: Pappophoreae umfaßt nur ausländische, unnutzbare Pflanzen und die 8. Zunft: Chlorideae ist deßhalb zu erwähnen, daß aus der Gatt. *Eleusine* die Arten El. corocana Gaertn. und El. tocusso Fresen. in einigen Theilen Afrikas cultivirt werden.

9. Zunft. Avenaceae mit der Gatt. *Avena* Linn. und den Arten Av. sativa Linn., Hafer (Semen Avenae s. Bd. 1. S. 520), Av. orientalis Schreb., Fahnenhafer, Av. strigosa Schreb., Rauchhafer, und Avena nuda Linn., Nackthafer, welche angebaut und als Nahrungsmittel für Thiere, in manchen Gegenden auch für Menschen benutzt werden.

10. Zunft. Festucaceae mit den Unterzünften Bromeae und Bambuseae, erstere die Gattungen *Poa* Linn., *Glyceria* R. Br., *Dactylis* Linn., *Festuca* Linn., *Bromus* Linn. und andere gute Wiesengräser umfassend, letztere die Gatt. *Bambus*, Art Bamb. arundinaceae Linn., Bambusrohr, enthaltend.

11. Zunft. Hordeaceae mit den Gattungen *Triticum* Linn., *Secale* Linn. und *Hordeum* Linn. und den Arten Triticum vulgare Vill., Weizen (Semen Tritici s. S. 566), Trit. turgidum Linn., Englischer Weizen, Trit. durum Desf., Gersten- oder Glasweizen, Trit. polonicum Linn., Polnischer Weizen, Trit. Spelta Linn., Spelze oder Dinkel, Trit. dicoccum Schrank., Emmer- oder Gerstenspelze, und Trit. monococcum Linn., Einkorn, Pferdekorn oder Pferdedinkel, welche sämmtlich angebaut werden, und Trit. repens Linn., Quecken (Radix Graminis s. S. 215), dem gefürchteten Unkraut, Secale cereale Linn., Roggen (Semen Secalis und der durch krankhafte Umbildung veränderte Fruchtknoten, Secale cornutum s. S. 560 u. 582), Hordeum vulgare, hexastichon und distichon Linn., Gerste (Semen Hordei vulgaris S. 543) und Hordeum zeocriton Linn., Reis- oder Pfauengerste, welche ebenfalls vielfach angebaut werden.

12. Zunft. Rottbelliaceae, Gatt. Saccharum Linn. mit der Art Saccharum officinarum Linn., dessen Saft auf Zucker (s. S. 679) verarbeitet wird.

Neunzehnte Familiengruppe.

§. 268. Fam. Piperaceae.

Einfächerige Fruchtknoten; mit einer aufrechten geraden Samenknospe; Samen mit Außen- und Inneneiweiß zugleich. Sträucher mit fleischigem oder holzigem, deutlich gegliedertem Stamm.

Die Piperaceen finden sich vorzugsweise in der tropischen Zone und namentlich in Mittelamerika und auf den Inseln des südasiatischen Archipels. In der Fruchtschale enthalten sie zahlreiche Behälter ätherischen Oeles mit eigenthümlichem scharfem Stoff (mit Piperin) verbunden.

Gatt. *Piper* Linn. mit der Art Pip. nigrum Linn. liefert Fructus Piperis nigri und albi (s. S. 499); Gatt. *Cubeba* mit der Art Cubeba officinalis Miq., ist die Mutterpflanze der Cubeben (s. S. 482) und Gatt. *Chavica* mit den Arten Chav. Roxburghii, chava und officinarum Miq., welche Piper longum (s. S. 501) liefern.

Fam. Platanae.

Blüthen ächt eingeschlechtig, in kugeligen Köpfchen; die Frucht eine holzige Schließfrucht oder Kapsel von den verholzten Deckblättern umgeben. Bäume.

Die Platanen zerfallen in mehrere Zünfte, unter denen die eigentlichen Platanae, welche in den wärmeren Theilen der gemäßigten Zone von Amerika und Asien einheimisch sind und bei uns als Zierbäume cultivirt werden, und die Balsamifluae oder Amberbäume zu nennen sind; der letzteren Gatt. *Liquidambar* Blume., Arten Liquid. styraciflua Linn. ist die Mutterpflanze von Ambra liquida (s. S. 595), Liquid. orientale Mill. und Liquid. altingianum Bl. von Styrax liquidus (s. S. 600).

Fam. Salicineae Rich.

Ächt eingeschlechtig in Aehren; am Grunde mit schuppen- oder becherförmiger Blüthenscheide. Kleine kriechende oder größere Sträucher und hohe Bäume.

Die Salicineen finden sich fast nur in den gemäßigten und kalten Zonen der nördlichen Hemisphäre. Die Rinde enthält besonders im jungen Zustand Gerbstoff und eine eigenthümliche bittere Substanz (Salicin und Populin); die Knospendecken sind reich an Balsam. Die biegsamen Zweige dienen zum Korbflechten.

Gatt. *Salix* Linn. zerfällt in zwei Stämme, nemlich in Bruchweiden mit den Arten Sal. pentandra Linn., Sal. fragilis Linn. und Sal. alba Linn. und in Purpurweiden mit der Art Sal. purpurea Linn.; beide letzteren haben Abarten. Sämmtliche Arten liefern Cortex Salicis (s. S. 501).

Gatt. *Populus* Linn. zerfällt in zwei Stämme, nemlich in solche mit nicht gewimperten Deckblättern und 12—30 Staubblättern, wohin die Arten Populus dilatata Ait. und Pop. nigra Linn. gehören, und in solche mit gewimperten Deckblättern und 8 Staubblättern, wohin Populus tremula Linn. gehört; von sämmtlichen Arten werden Gemmae Populi (s. S. 346) gesammelt.

Die Betulaceae Bartl. unterscheiden sich von den Salicineen durch zusammengesetzte Stempelähren, indem 2 oder 3 Blüthen im Winkel jedes Deckblattes sich befinden, und durch Fruchtknoten mit 2 einknospigen Fächern. Gatt. *Betula* Linn., Art Betula alba Linn. dient zur Bereitung von Birkentheer.

Zwanzigste Familiengruppe.

§. 269. Fam. Urticaceae.

Staubblätter 3—5, vor die Blätter der Blüthendecke gestellt; Fruchtknoten einfächerig, mit einer aufrechten oder hängenden Samenknospe; Blätter und jüngere Zweige rauchhaarig. Kräuter, Stauden, Sträucher und Bäume.

Die Urticaceen sind auf der ganzen Erdoberfläche verbreitet, doch finden sich die ausgezeichnetsten Formen vorzugsweise im südlichen Asien.

Die Stämme enthalten meist einen Kaoutchouk liefernden, oft sehr giftigen Milchsaft; die Blätter und jungen Zweige sind fast immer mit geraden oder gekrümmten Haaren besetzt, welche, wenn sie auch nicht immer auf der Haut ein Brennen verursachen, Brennhaare bezeichnet werden und besonders von vielen südasiatischen Urticaceen sehr gefährlich sind und unter gewissen Verhältnissen selbst den Tod veranlassen können. Der feine weiße Bast, welcher sich bei vielen findet, dient zu Geweben (Nesseltuch). Das Holz enthält zum Theil Farbstoffe, die Wurzelstöcke mehrerer werden als Gegengifte betrachtet und die Scheinfrüchte vieler Urticaceen sind eine angenehme oder sehr nahrhafte Speise. Die Familie zerfällt in 5 Zünfte, die jedoch von einigen Systematikern als selbstständige Familien angesehen, aber nicht von Allen in gleicher Weise begrenzt werden.

1. Zunft. Urticeae mit der Gatt. *Urtica* Linn. und den Arten Urtica urens und Urt. divica Linn., erstere Herba Urticae minoris, letztere Herba Urticae majoris (s. Bd. 1. S. 452) liefernd.

2. Zunft. Cannabineae mit der Gatt. *Cannabis* Linn. und *Humulus* Linn. und den Arten Cannabis sativa Linn., der Mutterpflanze des Semen Cannabis (s. S. 524) und Humulus Lupulus Linn., der Mutterpflanze von Fructus Lupuli (s. S. 497).

3. Zunft. Artocarpeae mit den Gattungen *Artocarpus* Linn. und *Morus* Linn. und den Arten Artoc. incisa und integrifolia Linn., den wegen ihrer nahrhaften Frucht berühmten Brodfruchtbäumen der Südseeinseln, und Morus nigra und alba Linn., erstere fructus Mororum (s. S. 485), letztere in den Blättern die Nahrung für die Seidenwürmer gebend.

4. Zunft. Syconae mit den Gattungen *Ficus* Linn., *Dorstenia* Linn. und *Antiaris* und den Arten Fic. Carica Linn., der Mutterpflanze der Feigen (s. S. 491), Fic. elastica Roxb., Fic. indica Linn., Fic. toxicaria Linn. und Fic. religiosa Linn. als den Mutterpflanzen des meisten Indischen Kaoutchouks (s. S. 655), Fic. indica Linn., Fic. bengalensis Linn. und Fic. Sela Hamilt., aus welchen in Folge von Insektenstichen der Körnerlack (s. S. 619) ausschwitzt, Dorstenia Contrajerva und brasiliensis Linn., den Mutterpflanzen der Radix Contrajervae (s. S. 201) und Antiaris toxicaria Lesch., Giftbaum, dessen eingedickter Saft das Upas oder Javanische Pfeilgift (s. Bd. 3. S. 620) liefert.

5. Zunft. Ulmaceae mit der Gatt. *Ulmus* Linn. und den Arten Ulm. campestris Linn. und Ulm. effusa Willd., beide Cortex Ulmi interior (s. Bd. 1. S. 305) liefernd.

Die Familie Myriceae Rich. zeichnet sich besonders durch den Wachsüberzug der Früchte aus und namentlich ist es Myrica cerifera Linn., dessen Wachsüberzug als Myrtenwachs (s. Bd. 3. S. 736) technisch benutzt wird; mit dieser Familie ist auch die der Casuarineae Mirb. verwandt, deren Pflanzen großen baumartigen Schafthalmen ähnlich sind.

Einundzwanzigste Familiengruppe.

§. 270. Fam. Cupuliferae Rich.

Stempelblüthen in kleinen Köpfchen oder seltner einzeln, von einer eigenthümlichen, aus stehenbleibenden Deckblättern gebildeten Hülle umgeben; Fruchtknoten mehrfächerig, mehrknospig; durch regelmäßiges Fehlschlagen eine einfächerige, einsamige Schließfrucht. Sträucher oder Bäume.

Die Cupuliferen finden sich vorzugsweise in den gemäßigten Zonen der nördlichen Halbkugel, namentlich in Amerika und Europa, aber auch im südlichen Asien, und bilden bei uns den größeren und wichtigeren Theil der Laubholzwälder. Das Holz, so wie auch wegen des Gerbstoffgehaltes die Rinde, haben großen Werth; die Samen sind zum Theil wegen ihres Oelgehaltes eine angenehme Speise und zur Oelgewinnung verwendbar.

Gatt. *Fagus* Linn., Art Fag. sylvatica Linn. liefert die Buchnüsse (s. Bd. 1. S. 540), Gatt. *Castanea*, Art Castanea vulgaris Linn. die Kastanien oder Maronen, eine bekannte Speise. Die Gatt. *Quercus* Linn. zerfällt in zwei Stämme, nemlich in Arten mit einjährigen Blättern, wohin Querc. sessiliflora Sm., Steineiche, Querc. pedunculata Ehrh., Sommereiche, Querc. pubescens Willd., französische Eiche, und Querc. Cerris Linn., Burgundische Eiche, gehören und sämmtlich Cortex Quercus und Glandes Quercus (s. S. 299 und 557) liefern, und in Arten mit immergrünen Blättern, wohin Querc. suber Linn., Korkeiche, die Mutterpflanze des Korks (s. S. 304), Querc. aegilops Linn., Knoppereiche; die Mutterpflanze der Knoppern oder Belaniden (s. S. 577), Querc. infectoria Oliv., aus welcher durch Insektenstiche die Galläpfel (s. S. 577) entstehen, Quercus tinctoria Linn., die Mutterpflanze der Cortex Quercus tinctoriae (s. S. 301) und Querc. coccifera Linn., auf welcher die Kermesschildlaus, Coccus Ilicis, die früherin als Grana Chermes (s. S. 746) officinell war, lebt, gehören.

Gatt. *Corylus* Linn. mit den Arten Cor. avellana Linn., Haselnuß, Cor. colurna Linn., Türkische Nuß, und Cor. tubulosa Linn., Lampertnuß.

Fam. Juglandeae Dec.

Stempelblüthe einzeln oder in wenigblüthigen Köpfchen ohne Becherchen; Fruchtknoten einfächerig, mit einer aufrechten Samenknospe. Große Bäume.

Die Juglandeen sind in Nordamerika und Asien einheimisch, werden jedoch zum Theil bei uns cultivirt. Sie enthalten einen bitteren, scharfen und aromatischen Stoff und sind in den Samen reich an mildem Oel, wodurch diese als Speisematerial und zur Oelgewinnung sehr geeignet sind.

Gatt. *Juglans* Nutt., Art Juglans regia Linn. liefert außer den bekannten Wallnüssen, Nuclei Juglandis, auch noch die Nuces Juglandis immaturae (s. S. 503), Cortex Nucum Juglandium viridis (s. S. 294) und Folia Juglandium in den Arzneischatz.

Zweiundzwanzigste Familiengruppe.

§. 271. Fam. Oleraceae Endl.

Blüthendecke kelchartig; Fruchtknoten einfächerig, ein= bis vielknospig, von der mannichfaltig veränderten Blüthendecke eingeschlossen; häutige Schließ= oder Deckelfrucht; Same mit Außereiweiß; Blüthen meist in gedrängten, knäulförmigen Blüthenständen. Kräuter, Stauden, zuweilen Sträucher oder Schlingpflanzen.

Diese außerordentlich große und auch in Deutschland reichlich vertretene Familie ist von geringem pharmaceutischem, mehr von technischem Interesse, da die Gattung *Beta* Linn. außer verschiedenen als Viehfutter dienenden Arten auch die Zuckerrübe enthält und die am Meeresstrand und auf salzigem Boden wachsenden Arten aus den Gattungen *Salcola, Salicornia, Anabasis, Halimus, Atriplex* und *Schoberia* zur Gewinnung von Soda verbrannt werden; aus der Gattung *Spinacia* wird die Art Spin. sativa Linn., Spinat, als Gemüse benutzt.

Gatt. *Chenopadium* Linn. mit den Arten Chen. ambrosioides Linn. giebt Herba Botryos mexicanae (s. S. 379), Chen. Vulvaria Linn. liefert Herba Vulvariae (s. S. 373) und Chen. Botrys Linn. die jetzt fast gänzlich obsolete Herba Botryos vulgaris. Die mehlreichen Samen von Chen. guinoa Linn. werden als sog. Peruanischer Reis benutzt.

Fam. Polygoneae Juss.

Blüthendecke häufig blumenblattartig; Fruchtknoten mit einer aufrechten geraden Samenknospe; Frucht eine 2=, 3=, seltner 4kantige Schließfrucht. Kräuter, Stauden, Sträucher, zuweilen auch Schlingpflanzen.

Die Polygoneen sind in den gemäßigten Zonen der nördlichen Halbkugel einheimisch; seltner finden sie sich unter den Tropen und dann nur auf höheren Bergen. Sie enthalten in den Wurzelstöcken eigenthümliche adstringirende und harzähnliche Substanzen und, so wie auch in den Stengeln und Blättern, viel pflanzensaure, namentlich oxalsaure Salze. Die Früchte dienen wegen ihres Mehlgehaltes zum Theil als Nahrungsmittel und aus den Säften einiger strauchartigen Polygoneen werden gerbstoffreiche Extrakte erhalten.

Gatt. *Rheum* Linn. mit den Arten Rh. palmatum, Rh. undulatum, Rh. compactum Linn. und Rh. Emodi Wall. liefert Radix Rhei (s. S. 243—246), und Rheum Rhaponticum Linn. giebt Radix Rhapontici veri (s. S. 246).

Gatt. *Polygonum* Linn. zerfällt in zwei Stämme, nemlich in *Bistorta* Tournef. mit der Art Polyg. Bistorta Linn., welche die Mutterpflanze von Radix Bistortae (s. S. 188) ist, und in *Fagopyrum* Moench. mit der Art Polygon. Fagopyrum Linn., welche den Buchweizen (s. S. 541) liefert.

Gatt. *Rumex* Linn. zerfällt ebenfalls in zwei Stämme, nemlich in *Lapathum* Tournef. mit den Arten Rumex sanguineus und obtusifolius Linn. und Rum. pratensis M. et K., von welchen drei Arten Radix Lapathi acuti (s. S. 227) gesammelt wird, Rum. patientia Linn., von welcher die obsolete Radix Patientiae stammt, und Rum. alpinus Linn., der Mutterpflanze von Radix Rhei monachorum (s. S. 246), und in *Acetosa* Tournef., mit den Arten Rumex acetosa und scutatus Linn., Gemeiner und Römischer Sauerampfer, welche zum Küchengebrauch und neben anderen Rumex-Arten zur Gewinnung von saurem oxalsaurem Kali (Bitterkleesalz, Sauerkleesalz) benutzt werden. Die Rumex-Arten haben viele Spielarten.

Gatt. Coccoloba Linn., Art Coccoloba uvifera Linn. wird als die Mutterpflanze des Amerikanischen Kino (s. S. 659) betrachtet.

Fam. Nyctagineae Juss.

Blüthen einzeln oder zu mehreren, von einer oft gefärbten Hülle umgeben; Fruchtknoten einfächerig, einknospig; Samenknospe aufrecht, gekrümmt, mit einfacher Knospenhülle; Same mit fleischigem Innen-Eiweiß. Kräuter, selten Sträucher oder Bäume.

Die Nyctagineen sind in den Tropengegenden, namentlich Amerika's und nur eine Art derselben in Spanien einheimisch, und sind bei uns zum Theil Zierpflanzen. Gatt. *Mirabilis* Linn. Arten Mir. Jalappa, dichotoma und longiflora Linn. sind die Mutterpflanzen von Radix Mechoacannae griseae (s. S. 231).

Fam. Santalaceae RBr.

Fruchtknoten einfächerig, mit freien, centralen Samenträgern, an der Spitze 2 — 4 hängende, gerade Samenknospen tragend; Samenknospen als nackter Knospenkern ohne Knospenhüllen; Frucht eine einsamige Schließfrucht; Same mit fleischigem Inneneiweiß. Kräuter, Sträucher oder Bäume.

Die Santalaceen finden sich in den gemäßigten Zonen beider Erdhälften, sowie auch im tropischen Asien und in Australien; sie sind aromatisch. Gatt. *Santalum* Linn. Arten Sant. album Linn., Sant. myrtifolium Roxb. und Sant. Freycinetianum Gaudich. sind die Mutterpflanzen von Lignum Santali album et citrinum (s. S. 342).

Fam. Laurineae Vent.

Blätter immergrün; Staubblätter mit 2 oder 4 Klappen aufspringend; Fruchtknoten einfächerig, 1 — 3knospig; Samenknospen hängend, umgekehrt, mit einfacher Knospenhülle. Meist große Bäume, seltner Sträuche, sehr selten blattlose parasitische Kräuter.

Die Laurineen vertheilen sich in eine größere östliche, fast nur asiatische, und eine kleinere amerikanische Gruppe, wo sie vorzugsweise in der heißen,

weniger in der wärmeren gemäßigten Zone vorkommen; auch in Afrika sind einige Arten einheimisch, während sie auf den Inseln des stillen Oceans gänzlich fehlen. Sie sind fast in allen Theilen, namentlich aber in der Rinde reich an ätherischem Oel und in dem Holz findet sich der eigentliche Kampher; seltner sind die Blüthen und die Keime aromatisch.

Gatt. *Cinnamomum* Fr. Nees. mit den Arten: Cinnam. ceylanicum Nees. Mutterpflanze von Cortex Cinnamomi acuti (s. S. 284), Cinnam. ceylanicum *β.*, cassia Nees. Mutterpflanze von Cortex Cassiae ligneae (s. S. 283), Cinnam. aromaticum Nees. Mutterpflanze von Cortex Cassiae cinnamomeae (s. S. 282), Cinnam. Culilawan Nees. Mutterpflanze von Cortex Culilawan verus (s. S. 287), Cinnam. xanthoneurum Bl. Mutterpflanze von Cortex Culilawan papuanus, Cinnamom. javanicum Bl. Mutterpflanze von Cortex Sintoc (s. S. 304), Cinnam. Loureiri Nees. Mutterpflanze von Flores Cassiae (s. S. 456).

Gatt. *Camphora* Nees., Art Camphora officinarum Nees. liefert Kampher (s. S. 738), Gatt. Dicypellium Nees., Art Dic. caryophyllatum Nees. die Cortex Cassiae caryophyllatae (s. S. 282), Gatt. *Nectandra* Nees., Art Nect. Puchury major et minor Nees. die Fabae Pichurim majores et minores (s. S. 555), die Gatt. *Sassafras* Nees., Art Sass. officinalis Nees. das Lignum Sassafras (s. S. 255) und die Gatt. *Laurus* Linn., Art Laur. nobilis Linn. die folia Lauri und Baccae Lauri (s. S. 350 und 484).

Fam. Thymeleae Juss.

Blüthendecke gefärbt; Staubbeutel mit 2 Spalten nach Innen aufspringend; Fruchtknoten einfächerig, mit 1, seltner 2 oder 3 hängenden, umgekehrten Samenknospen, mit 2 Knospenhüllen. Sträucher, seltner Bäume.

Die Thymeleen sind vorzugsweise am Kap, in Neuholland und der wärmeren gemäßigten Zone einheimisch. Ihre Früchte und Rinde sind zum Theil ätzend scharf; bei allen ist der Bast äußerst fein, biegsam und seidenglänzend und der von Lagetta lintearia Juss. wird auf westindischen Inseln ohne Weiteres als Spitzenschleier benutzt.

Gatt. *Daphne* Linn. mit den Arten: Daphne Mezereum, Laureola und alpina, Mutterpflanzen von Cortex Mezerei (s. S. 296) und Semen Coccognidii (s. S. 530), und Daphne Gnidium Linn., welche in den südlichen europäischen Ländern zur Einsammlung von Cortex Mezerei benutzt wird und die Stammpflanze von Semen Coccognidii der Alten ist.

Von einer Art der Aquilarineae RBr. wurde früher Lignum Aloës (s. S. 337) und von einer Art der Penaeaceae RBr. das Gummi Sarcocollae (s. S. 678) abgeleitet.

Dreiundzwanzigste Familiengruppe.

§. 272. Fam. Aristolochiaceae Lindl.

Blüthendecke 3-, seltner 5- oder 6spaltig; Staubblätter auf dem Staubweg befestigt, nach Außen aufspringend; Samen mit großem Außeneiweiß (?) und kleinem Keim. Stauden oder Sträucher, häufig Schlingpflanzen.

Die meisten Aristolochiaceen sind im tropischen Amerika einheimisch, und nur wenige finden sich im tropischen Asien und in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel. Die Stengel derselben, besonders die unterirdischen, enthalten ätherisches Oel, eine kampferähnliche Substanz, ein bitteres Harz und einen scharfen Extraktivstoff.

Gatt. *Aristolochia* Linn. mit den Arten: Arist. Serpentaria Jacq. und Arist. officinalis Nees. ist die Mutterpflanze von Radix Serpentariae virginianae (s. S. 260), Arist. cymbifera Mart. die der Radix Aristolochiae cymbiferae (s. S. 179) in Brasilien in Anwendung kommenden Stipites Huaco (welche in Mexiko von einer anderen den Aristolochiaceen zugehörenden Pflanzenart, von Guaco mexicana Liebm. gesammelt und gegen Cholera, Schlangenbiß und Wasserscheu angewendet werden), Arist. rotunda Linn. und Arist. pallida Linn. die von Radix Aristolochiae rotundae (s. S. 180), Arist. Clematitis Linn. die von Radix Aristolochiae creticae (s. S. 179), Arist. longa Linn. die von Radix Aristolochiae longae (s. S. 180) und Arist. Pistolochia Linn. die von Radix Pistolochiae.

Gatt. Asarum Linn. mit der Art As. europaeum Linn., der Mutterpflanze von Radix Asari (s. S. 183).

Die Familie Rhizantheae Bl. scheint mit den Aristolochiaceen verwandt zu sein und ist merkwürdig wegen Rafflesia Arnoldi RBr. mit fleischiger, fast 2 Fuß großer Blume. Aus der hierher gehörigen Gattung *Cynomorium* Linn. und Art Cyn. coccineum Linn. stammt Fungus melitensis (s. S. 572).

Vierundzwanzigste Familiengruppe.

§. 273. Fam. Ranunculaceae Juss.

Blattstiele am Grunde scheidenförmig; Blume verschieden gestaltet; Staubblätter unbestimmt-zählig; Staubblätter nach Außen oder nach der Seite aufspringend; Fruchtknoten zahlreich, seltner einzeln, frei oder nur am Grunde verwachsen; Frucht eine einsamige Schließfrucht oder mehrsamige Schlauchfrucht. Kräuter, Stauden oder Schlingpflanzen.

Die Ranunculaceen, welche schwierig durch bestimmte Merkmale von den folgenden Familien zu unterscheiden sind, finden sich über den ganzen Erdkreis, am meisten jedoch in den gemäßigten und kalten Regionen der nördlichen Halbkugel. Sie enthalten fast durchgehends einen scharfen, selbst ätzenden und häufig auch giftigen Zellensaft; die Samen einiger sind un-

schädlich, während bei andern der giftige Stoff (das giftige Alkaloid) vorzugsweise darin enthalten ist. Sie bilden mehrere Zünfte.

1. Zunft. Clematideae Dec. mit den Gatt. *Clematis* Linn. und Arten: Clem. recta Linn., der Mutterpflanze von Herba Clematidis erectae (s. S. 392), und Clem. Vitalba Linn., der Mutterpflanze der obsoleten Herba et Stipites Clematidis sylvestris.

2. Zunft. Anemonae Dec., Gatt. *Auemone* Linn. mit den Arten: Anem. hepatica Linn., der Mutterpflanze von den obsoleten Herba Hepaticae nobilis, und Anem. Pulsatilla und pratensis Linn., den Mutterpflanzen von Herba Pulsatillae (s. S. 438).

Gatt. *Adonis* Linn., Art Ad. vernalis Linn., ist die Mutterpflanze von Radix Adonis, die zwar obsolet ist, aber häufig statt der schwarzen Nießwurzel in Handel kommt.

3. Zunft. Ranunculeae Dec. enthält keine officinelle Pflanzenart. Gatt. *Ficaria*, Art Fic. ranunculoides Linn., deren kleine Scheinknollen vom Regenwasser zusammengespült den sog. Kornregen bilden.

4. Zunft. Helleboreae Dec., Gatt. *Helleborus* Linn. mit den Arten Helleb. niger und viridis Linn., den Mutterpflanzen von Radix Hellebori nigri (s. S. 218) und Helleb. foetidus Linn., dessen Wurzelstock häufig zur Verfälschung der schwarzen Nießwurzel dient.

Gatt. *Nigella* Linn., Art Nig. sativa Linn., ist die Mutterpflanze von Semen Nigellae (s. S. 550).

Gatt. *Delphinium* Linn., Art Delph. Staphysagria Linn., ist die Mutterpflanze von Semen Staphidis agriae (s. S. 562).

Gatt. *Aconitum* Linn., Arten Acon. Napellus Linn., Acon. stoerkianum Reichb. und Acon. variegatum Linn., von welchen Herba Aconiti (s. S. 367) gesammelt wird. Gatt. *Aquilegia* Linn., Art. Aquil. vulgaris Linn. giebt die Flores Aquilegiae (s. S. 460).

5. Zunft. Paeonieae Endl., Gatt. *Paeonia* Linn. mit den Arten: Paeonia officinalis Retz., Paeonia peregrina Mill. und Paeonia corallina Retz., von denen Radix, Flores et Semen Paeoniae (s. S. 234, 472 und 551) gesammelt werden.

Gatt. *Actaea* Linn., Arten: Act. spicata Linn. liefert die obsolete Radix Christophorianae und Act. racemosa Linn. die Radix Christophorianae americana (s. S. 172).

Fam. Magnoliaceae Dec.

Blätter einfach, ganzrandig, mit Nebenblättern, Kelch und Blumenkrone; Krone meist mehrblättrig als der Kelch; Staubbeutel einwärts oder seitlich aufspringend. Sträucher und Bäume.

Die Magnoliaceen, welche man auch als baumartige Ranunculaceen bezeichnen kann, finden sich besonders in den wärmeren Theilen Nordamerika's und im tropischen Asien, nur wenige in Australien, gar keine in Afrika und Europa. Sie sind sämmtlich reich an Bitterstoff und in vielen findet sich ätherisches Oel.

Gatt. *Illicium* Linn., Art Illic. anisatum Linn., Mutterpflanze von Semen Anisi stellati (s. S. 490). Gatt. *Drimys* Forst., Art Drim.

Winteri Forst., Mutterpflanze von Cortex Winteranus verus (s. S. 305).

Fam. Myristiceae RBr.

Blüthen zweihäusig; Staubblätter in eine dichte Säule verwachsen; Frucht eine aufreißende einsamige Beere. Bäume oder Sträucher.

Die Myristiceen finden sich nur zwischen den Wendekreisen, und zwar die meisten auf den Inseln Südasiens, wenige in Amerika. Sie sind reich an Gewürz und enthalten in den Samenkronen neben vielem fetten Oel auch ätherisches Oel.

Gatt. *Myristica* Linn., Art Myr. moschata Linn., ist die Mutterpflanze der Nuces moschatae (s. S. 548) und Macis (s. S. 511).

Die Anonaceae Dun. gehören ebenfalls zu dieser Gruppe und sind dadurch bemerkenswerth, daß ihre Früchte in den tropischen Ländern eine sehr geschätzte Speise bilden.

Die fünfundzwanzigste Familiengruppe enthält keine officinelle Pflanzenart; zu bemerken ist daraus die deutsche Seerose und die jetzt viel besprochene Victoria regia Lindl.

Sechsundzwanzigste Familiengruppe.

§. 274. Fam. Menispermeae Jeaume.

Staubbeutel auswärts aufspringend; Frucht einsamig, nierenförmig; Same hufeisenförmig. Strauchartige Schlingpflanzen mit großen Blättern.

Die Menispermeen finden sich besonders im tropischen Asien und Amerika, wenige in Afrika, einzelne auch in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel. Sie sind reich an Bitterstoff und Schleim; in den Früchten ist aber auch ein narkotisch scharfer, bei manchen entschieden giftiger Stoff enthalten.

Gatt. *Cocculus* Arnott., Art Cocc. palmatus Dec., ist die Mutterpflanze von Radix Columbo (s. S. 197). Gatt. *Anamirta* Colebr., Art Anam. Cocculus Wight et Arn., die Mutterpflanze von Semen Cocculi (s. S. 530).

Fam. Berberideae Vent.

Kelch und Krone mehrwirtelig; Staubbeutel mit Klappen aufspringend. Kräuter oder Sträucher.

Die Berberideen sind vorzüglich in den gemäßigten Zonen der nördlichen Halbkugel, doch auch in Nordamerika einheimisch. Sie enthalten in der Rinde einen gelben bitteren Extraktivstoff und in den Beeren viel Pflanzensäure.

Gatt. *Berberis* Linn., Art Berb. vulgaris Linn., liefert Baccae Berberum (s. S. 482).

Fam. Papaveraceae Juss.

Kelch 2=, selten 3blättrig, hinfällig; Staubbeutel nach Innen oder seitlich aufspringend; Fruchtknoten einfächerig; mit wandständigen Samenträgern; Same mit großem öligen Inneneiweiß. Kräuter oder Stauden, seltner krautartige Sträucher, mit oder ohne Milchsaft.

Die Papaveraceen sind vorzugsweise in der nördlichen gemäßigten Zone, seltner in Asien und noch seltner unter den Tropen und in der südlichen gemäßigten Zone einheimisch. Der Milchsaft ist fast durchgehend narkotisch scharf; der Same ist bei einigen ebenfalls scharf, bei anderen reich an mildem Oel. Sie zerfallen in zwei Zünfte mit Unterzünften.

1. Zunft. Papavereae und zwar a) Argemoneae, Milchsaft führende, wohin die Gatt. *Sanguinaria* Linn., Art Sang. canadensis Linn., die Mutterpflanze von Radix Sanguinariae canadensis (s. S. 249), Gatt. *Chelidonium* Linn., Art Chel. majus Linn., die Mutterpflanze von Radix und Herba Chelidonii majoris (s. S. 194 und 388), Gatt. *Papaver* Linn., Arten Papav. Rhoeas Linn., Mutterpflanze von Flores Rhoeados (s. S. 472), und Papav. somniferum Linn. α) nigrum Dec., β) album Dec., Mutterpflanze von Capita und Semen Papaveris (s. S. 490 und 552) und Opium (s. S. 661) gehören, und b) Hunnemanineae und c) Platystemoneae, mit wässerigen Säften, ohne officinelle Pflanzenarten.

2. Zunft. Fumariaceae und zwar a) Hypecoëae, mit freien Staubblättern, ohne officinelle Pflanzen und b) Fumarieae, mit in zwei Bündel verwachsenen Staubblättern. Gatt. *Fumaria* Linn., Arten: Fumar. officinalis Linn., Fumar. Vaillantii Lois. und Fumar. parviflora Lam., Mutterpflanzen von Herba Fumariae (s. S. 400); Gatt. *Corydalis*, Arten Coryd. cava Schw. et K. und Corydal. solida Sm., Mutterpflanzen von Radix Aristolochiae rotundae et fabaceae (s. S. 179).

Fam. Cruciferae Adans.

Kelch vierblättrig; Krone vierblättrig; Staubblätter 6, von denen 4 länger als die beiden anderen. Kräuter oder Stauden, seltner krautartige Sträucher.

Die Cruciferen sind auf der ganzen Erde verbreitet, jedoch am meisten in der nördlichen gemäßigten Zone, vermindern sich nach beiden Seiten und sind unter den Tropen am seltensten. Sie enthalten meist in den verschiedensten Theilen, wie im Wurzelstock, Kraut und Samen, einen sehr scharfen flüchtigen, wahrscheinlich stets schwefelhaltigen Stoff. Die Keimblätter enthalten fettes Oel, weßhalb die Samen der Cruciferen vielfach zur Oelgewinnung benutzt werden. Die Wurzeln und unteren Stengel werden durch Kultur fleischig und dienen wegen ihres Gehaltes an Eiweiß, Gummi und Zucker als Nahrungsmittel; auch die stickstoffreichen Blätter sind kräftige Gemüse und die durch Kultur eigenthümlich fleischig gewordenen Blüthenstände des sog. Blumenkohls bilden eine sehr beliebte Speise.

Die Cruciferen zerfallen in mehrere Zünfte und Unterzünfte.

1. Zunft. Pleurorrhizae, mit flachen Keimblättern und anliegenden Würzelchen, a) Arabideae mit der Gatt. *Nasturtium* RBr., Art Nast. officinale RBr., Mutterpflanze von Herba Nasturtii aquatici (s. S. 428) und Gatt. *Cardamine* Dec. und den Arten: Card. pratensis Linn., Mutterpflanze von Herba Nasturtii pratensis (s. S. 428) und Card. amara Linn., Mutterpflanze von Herba Cardamines amarae (s. S. 383). b) Alyssineae mit der Gatt. *Cochlearia* Linn. und Art Cochlearia officinalis Linn., Mutterpflanze von Herba Cochleariae (s. S. 393) und Gatt. *Armoracia* Flora de Wett. mit der Art Armor. rusticana, Mutterpflanze von Radix Armoraciae (s. S. 180). c) Thlaspideae, d) Anastaticeae (Anastatica hierochuntica Linn., Rose von Jericho), e) Euclidieae und f) Cakilineae enthalten keine officinellen Pflanzen.

2. Zunft. Notorrhizae, mit flachen Keimblättern und aufliegenden Würzelchen, g) Sisymbrieae, h) Camelineae (Camelina sativa Cr., Leindotter, als Oelpflanze angebaut), i) Lepidineae (Lepidium sativum Linn. Gartenkresse), k) Isatideae (Isatis tinctoria Linn. Waid s. a. Herba Isatis S. 409) und l) Anchonieae, welche keine officinellen Pflanzen enthalten.

3. Zunft. Orthoploceae, mit der Länge nach zusammengefalteten Keimblättern und einliegendem Würzelchen. m) Brassiceae, mit der Gatt. *Brassica* Linn. und den Arten: Brassica oleracea Linn., mit vielen Spielarten, von denen die wichtigsten

Brass. oler. nativa, Wilder Kohl,
» » acephala, Winterblattkohl, Riesenkohl, Baumkohl,
» » quercifolia, Grünkohl, Federkohl, Braunkohl, krauser Winterkohl,
» » gemmifera, Rosenkohl,
» » sabauda, Wirsing, Wälschkraut, Savoyerkohl, Börsch, Herzkohl,
» » capitata, Kopfkohl, Kraut, Weißkraut, Rothkraut,
» » botrytis, Blumenkohl, Spargelkohl, Broccoli,
» » gongylodes, Kohlrabi, Oberkohlrabi

sind, Brassica rapa Linn. mit den Spielarten

Brass. rap. campestris vel oleifera annua, Sommerrübenraps,
» » oleifera biennis, Winterrübenraps, Rübsen, Rübsamen,
» » rapifera communis, Weiße Rübe, Mairübe, Stoppelrübe,
» » rapifera sativa, Steckrübe, Märkische Rübe,

Brassica napus Linn. mit den Spielarten

Brass. nap. oleifera annua, Sommerkohlraps,
» » » biennis, Winterkohlraps,
» » esculenta, Kohlrübe, Unterkohlrabi,

und Brassica nigra Koch., Mutterpflanze von Semen Sinapis (s. S. 560). Gatt. *Sinapis* Koch., Art Sinapis alba Linn., Mutterpflanze von Semen Sinapis albae (s. S. 562).

n) Velleae, o) Psychineae und p) Zilleae enthalten keine bemerkenswerthen Pflanzen, hingegen q) Raphaneae, die Gatt. *Rapha-*

nus Linn. mit der Art Raphanus sativus Linn. und den Spielarten
Raphan. sativus radicula, Radis oder Monatsrettig, und
» » communis, Rettig.

4. Zunft. Spirolobeae, mit schneckenförmig aufgerolltem Keim; r) Buniadeae und s) Erucarieae, keine officinellen Pflanzen enthaltend.

5. Zunft. Diplecolobeae, mit doppelt querfaltigen Keimblättern und überliegenden Würzelchen; t) Seneberieae, u) Subularieae und v) Heliophylleae, welche ebenfalls keine officinellen Pflanzen enthalten.

Fam. Capparideae Vent.

Staubblätter 1 oder 2—6 oder 8, aber alle gleich lang; Frucht meist lang gestielt. Kräuter, Stauden, häufig Sträucher, zuweilen Bäume.

Die Capparideen sind unter den Tropen oder in den gemäßigten warmen Zonen, am häufigsten in Afrika und Amerika einheimisch. Sie enthalten wenig Eigenthümliches, und nur in den Blumenknospen etwas Bitter-gewürzhaftes. Sie zerfallen in zwei Zünfte, in Cleomeae, mit Kapselfrucht, und Cappareae, mit Beerenfrucht.

Gatt. *Capparis* Linn., Art Capp. spinosa Linn., Mutterpflanze von Gemmae Capparidis conditae (s. S. 457).

Fam. Resedaceae Dec.

Fruchtknoten 3—6blätterig, bald nach der Befruchtung oben geöffnet; Staubblätter auf dem Rand eines einseitig scheibenförmigen Staubblattträgers befestigt.

Aus dieser kleinen Familie ist nur die Gatt. *Reseda* Linn. wegen der Art Res. odorata Linn., Resede, und Resed. luteola Linn., Wau, als Stammpflanze von Herbae luteolae (s. S. 414) zu erwähnen.

Fam. Caryophylleae Dec.

Kelchblätter 5, mehr oder weniger verwachsen; Blumenblätter 5; Fruchtknoten aus 2—5 Fruchtblättern; Samenträger mittelständig und wenigstens im oberen Theil immer frei; Keim um ein fleischiges Außeneiweiß gebogen. Kräuter, Stauden, seltner niedrige krautartige Sträucher.

Die Caryophylleen finden sich auf der ganzen Erde, am häufigsten in den nördlichen gemäßigten und kalten Zonen, unter den Tropen nur auf den höchsten Bergen. Sie enthalten keine wichtigen und besonderen Stoffe und nur einige in den Wurzeln eine seifenartige Substanz mit einem kratzenden Extraktivstoff.

Gatt. *Saponaria* Linn., Art Sap. officinalis Linn., Mutterpflanze von Radix und Herba Saponariae (s. S. 250 u. 442).

Gatt. *Gypsophila* Linn., Art Gyps. struthium Linn., Mutterpflanze von Radix Saponariae hyspanicae (s. S. 250).

Die Familie Portulaceae Juss. mit der Gatt. *Portulaca* Linn. und Art Portul. oleracea Linn., Portulak, ist mit der vorigen nahe verwandt.

Fam. Cistineae Dec.

Fruchtknoten einfächerig; Samenträger wandständig; Samenknospen gerade. Kräuter, Stauden oder Sträucher.

Die Cistineen finden sich am häufigsten in der Umgegend des Mittelmeeres, wenige in Nordamerika, einzelne im tropischen Amerika und mittleren Europa. Sie enthalten meist balsamisches Harz.

Gatt. *Cistus* Tournef., Arten: Cyst. creticus und cyprius Linn., Mutterpflanzen von Ladanum in massis, Cyst. ladaniferus Linn., Mutterpflanzen von Ladanum in baculis (s. S. 617).

Gatt. Cochlospermum Dec., Art Cochlosp. gossypium Dec. wird als Mutterpflanze von Gummi Kuteera (s. S. 587) betrachtet.

Hierher gehört auch Helianthemum vulgare Gaertn., von dem die jetzt gänzlich obsolete Herba Helianthemi gesammelt wurde.

Von den Pflanzen der verwandten Familie Tamariscineae Desv. sind zu nennen: Tamarix mannifera Ehrh. als Mutterpflanze der Manna tamariscina (s. S. 677) und Myricaria germanica Desv. als Mutterpflanze der gänzlich obsoleten Cortex Tamariscae.

Von der kleinen Gruppe der Torfpflanzen, Droseraceae Dec., ausgezeichnet durch ihre drüsenhaarigen, reizbaren Blätter ist Drosera rotundifolia Linn. als Mutterpflanze von Herba Rorellae (s. S. 439) anzuführen.

Fam. Bixaceae Lindl.

Fruchtknoten einfächerig, mit mehreren umgekehrten Samenknospen; Keim gerade, im fleischigen Inneneiweiß.

Von dieser, aus holzartigen perennirenden Pflanzen Amerika's bestehenden Familie ist Bixa orellana Linn. als die Mutterpflanze des Orleans (s. S. 691) zu erwähnen.

Fam. Violaceae Juss.

Blüthen symmetrisch; Kelch und Krone 5blättrig; Staubblätter 5, mit den Staubbeuteln zusammengeneigt oder zusammengeklebt; Kapsel mit 3 wandständigen Samenträgern auf der Mitte der Klappen. Kräuter, Stauden oder Sträucher.

Die Violaceen sind vorzugsweise in den nördlichen gemäßigten Zonen, seltner unter den Tropen und in den südlichen Zonen einheimisch. Sie enthalten meist in den Wurzeln und Stengeln einen brechenerregenden Stoff, der sich milder auch in den krautartigen Theilen findet.

Gatt. *Viola* Linn., Stamm *Nomimium* mit der Art Viola odorata Linn. liefert Flores Violarum (s. S. 478) und Radix Violarum, die jetzt obsolet ist. Stamm *Dischidium* enthält keine officinelle Pflanzenart. Stamm *Melanium* mit der Art Viola tricolor Linn. und den

Abarten Viol. tric. vulgaris und arvensis, den Mutterpflanzen von Herba Jaceae (s. S. 409).

Gatt. *Jonidium* Vent., Art Jonid. Ipecacuanha Vent., Mutterpflanze von Radix Ipecacuanhae albae lignosae, die zuweilen als Brechwurzel in den Handel gekommen ist.

Siebenundzwanzigste Familiengruppe.

§. 275. Fam. Polygaleae Juss.

Kelch und Krone zusammen 8blättrig; Staubblätter 4 oder 8, an der Spitze mit einem ächten Loch aufspringend. Kräuter oder Stauden, zuweilen Schlingpflanzen oder Sträucher.

Die Polygaleen sind über die beiden gemäßigten und heiße Zone verbreitet, finden sich jedoch in der größeren Zahl auf der Südspitze von Afrika und in Brasilien. Sie enthalten einen eigenthümlichen bitteren und einen scharfen Extraktivstoff, den letzteren vorzugsweise in der Wurzel, den ersteren durch die ganze Pflanze; die Rinde der strauchartigen Polygaleen ist reich an Gerbstoff. Sie zerfallen in 2 Zünfte.

1. Zunft: mit zweifächeriger Frucht. Gatt. *Polygala* Linn. mit den Arten Polyg. vulgaris Linn., Mutterpflanze von Herba Polygalae vulgaris cum radice (s. S. 436), Polyg. amara Linn., Mutterpflanze von Herba Polygalae amarae cum radice (s. S. 435), Polyg. major Jacq., Mutterpflanze von Herba Polygalae hungaricae cum radice, die mitunter statt der vorigen gesammelt wird, und Polyg. Senega Linn., Mutterpflanze von Radix Senegae (s. S. 259).

2. Zunft: mit einfächerigem Fruchtknoten. Gatt. *Krameria* Loefl. mit den Arten: Kram. triandra R. et Pav. und Kram. Ixina Linn., von welchen 2 Sorten Radix Ratanhiae (s. S. 242) gesammelt wird.

Von den Familien der 28sten Gruppe sind zu erwähnen: Acerineae Dec., wegen Acer saccharinum Linn., dessen Saft in Nordamerika auf Zucker bearbeitet wird; Malpighiaceae Juss., wegen Byrsonima laurifolia, rhopalaefolia und coccolobaefolia Kunth., deren adstringirende Rinde zuweilen als Cortex Alcornocco in den Handel kommen soll, und Coriaria myrtifolia Linn., deren Blätter zur Verfälschung der Sennesblätter dienen (vergl. darüber S. 358); und Erythroxyleae Kunth., wegen Erythroxylon coca Lam., eines in Südamerika einheimischen und daselbst häufig angebauten Gewächses, dessen Blätter von den Eingeborenen als ein die Nerven aufregendes und stärkendes Mittel gekaut werden, das vielleicht in Zukunft auch bei uns in Anwendung kommt.

Neunundzwanzigste Familiengruppe.

§. 276. Fam. Hypericineae Dec.

Blätter in Wirteln, meist mit durchscheinenden Oeldrüsen; Kronenblätter ungleichseitig; Staubwege 3, 5 oder mehrere; Same ohne

Eiweiß; Keimblätter blattartig, seltner fleischig, meist kurz; das Würzelchen groß, meist länger als die Keimblätter. Kräuter, Stauden, Sträucher oder Bäume.

Die Hypericineen sind in den gemäßigten und heißen Zonen der ganzen Erde, jedoch seltner in der Tropenzone von Asien und Afrika, die strauch- und baumartigen sämmtlich unter den Tropen einheimisch. Die meisten enthalten in besonderen Zellen oder Zellengruppen ätherisches Oel und gewöhnlich auch harzige oder gummiharzige Stoffe, welche bei den baum- und strauchartigen Hypericineen nach Verwundungen reichlich ausfließen. — Sie zerfallen in zwei Zünfte.

1. Zunft. Hypericeae, mit der Gatt. *Hypericum* Linn., Art Hyper. perforatum Linn., von welchem Herba Hysperici (s. S. 407) gesammelt wird.

2. Zunft. Elodeae, mit der Gattung *Vismia* und den Arten: Vismia micrantha, laccifera und guianensis Mart., von denen Gummi Guttae americanum stammt.

Fam. Clusiaceae Lindl.

Blätter selten durchsichtig-punktirt; Kronenblätter gleichseitig; Staubweg kurz, meist fehlend; Stempelmündung kegel- oder schildförmig, gelappt; Same eiweißlos; Keim mit großen fleischigen Keimblättern, ganz kleinem Würzelchen. Bäume, selten Sträucher.

Die Clusiaceen sind mit wenigen in Nordamerika vorkommenden Arten unter den Tropen einheimisch. Sie enthalten ein scharfes Harz, ätherisches Oel und Gummi, welche aus Einschnitten des Stammes und der Zweige hervorquellen und zu einem gelben Gummiharz eintrocknen.

Gatt. *Hebradendron* Grah., Art Hebr. cambogoides Grah. ist die Mutterpflanze von Gummi Guttae (s. S. 635), von dem aber auch Sorten von verwandten Pflanzen, wie Stalagnites ovalifolia R. Br., Garcinia zeylanica, cowa und cornea Roxb. gesammelt werden.

Gatt. *Calophyllum*, Arten: Caloph. inophyllum Linn., Caloph. Tacamahaca Willd. und Caloph. calaba Linn., Mutterpflanzen von Tacamahaca intestis (s. S. 628).

Die kleine, der vorigen verwandte Familie Canellaceae Mart., deren Pflanzen sich nur durch den gekrümmten Keim im fleischigen Eiweiß unterscheidet, ist nur im tropischen Amerika einheimisch. Bäume mit scharf gewürzhafter Rinde und zum Theil wohlschmeckenden Früchten und Samen. Gatt. *Canella* P. Brown, Art Canella alba Murr., Mutterpflanze von Cortex Canellae albae (s. S. 280).

Fam. Ternstroemiaceae Lindl.

Blätter zerstreut; Samen mit oder ohne Eiweiß; Keim mit Eiweiß den Hypericineen, ohne Eiweiß den Clusiaceen gleich. Sträucher oder Bäume.

Die Ternströmiaceen sind dem größeren Theil nach in Südamerika, weniger in Südasien und in der geringsten Zahl in Nordamerika einhei-

misch. Die Blätter enthalten ein feines Aroma verbunden mit Gerbstoff und einer sehr stickstoffreichen Substanz (Thein). Gatt. *Thea* Linn., Art Thea chinensis Sims., ist die Mutterpflanze des Thee's (s. S. 359).

Fam. Dipterocarpeae Bl.

Kelch bleibend, in zwei große Flügel auswachsend; Fruchtknoten 3fächerig, mit zweiknospigen Fächern; Frucht einsamig, einfächerig. Durchgehends große Bäume.

Die Dipterocarpeen sind in den Tropenländern Asiens und Afrika's einheimisch und reich an ätherischem Oel und Kampher; andere enthalten viel Harz und in den Samen findet sich fettes Oel, wodurch ihr praktischer Werth bedingt ist.

Gatt. *Dryobalanops* Gaertn., Art Dr. Camphora Colbr., Mutterpflanze des Sumatra- oder Borneo-Kamphers (s. S. 738).

Gatt. *Shorea,* Art Sh. robusta Roxb., Mutterpflanze einer Sorte Dammarharz (s. S. 613), Sh. camphorifera Roxb. liefert den Baros-Kampher (s. S. 738), der von den Japanern und Chinesen höher als der gewöhnliche Kampher geschätzt wird und gleichmäßiger wirkt.

Gatt. *Vateria,* Art Vat. indica Linn. liefert eine Sorte Westindischen Kopal (s. S. 611).

Gatt. *Dipterocarpus,* Art Dipt. laevis Ham. liefert einen Balsam, Wood-oil, der als äußerliches Heilmittel und zur Firnißbereitung benutzt wird.

Die Familie Cedreleae RBr. ist merkwürdig wegen Swietenia Mahagoni Linn., im tropischen Amerika einheimisch, liefert das bekannte Mahagoniholz und das Karapatöl (s. S. 705), sowie auch die Rinde als Cortex Ligni Mahagoni in Amerika und auch in England wie China als Fiebermittel benutzt wird, und Soymida febrifuga A. Juss., Mutterpflanze der Cortex Soymidae (s. S. 304).

Dreißigste Familiengruppe.

§. 277. Fam. Tiliaceae Juss.

Blätter einfach; Staubbeutel einwärts aufspringend; Fächer nicht gekuppelt. Bäume oder Sträucher, selten Kräuter.

Die Tiliaceen sind meist unter den Tropen einheimisch, und nur wenige finden sich in der gemäßigten nördlichen, einzelne in der südlichen Zone. Sie enthalten meist Schleim und Gerbstoff, nur einige in namhafter Menge gewürzhaft bittere oder harzige Stoffe.

Die Familie zerfällt in mehrere Zünfte, von denen aber nur die der ächten Tiliaceen, wegen der Gatt. *Tilia* Linn., Arten Tilia parvifolia Ehrh. und Til. grandifolia Ehrh., den Mutterpflanzen von Flores Tiliae (s. S. 476), von Wichtigkeit sind.

Die Familie Sterculiaceae Vent.,

mit zusammengesetzten Blättern, nicht gekuppelten, auswärts aufspringenden Staubbeuteln und aneinanderliegenden Fächern, Bäume, selten Sträucher bildend,

ist fast nur unter den Tropen einheimisch und wegen Adansonia digitata Linn., Affenbrodbaum, dem der größten Entwicklung fähigen Baum des Gewächsreiches, merkwürdig.

Fam. Büttneriaceae RBr.

Blätter einfach; Staubbeutel auswärts oder seitlich aufspringend; Fächer nicht gekuppelt, durch Ausdehnung des Mittelbandes am Grunde oder ganz von einander getrennt. Sträucher, seltner Bäume.

Die Büttneriaceen sind fast nur unter den Tropen, am Kap und in Neuholland einheimisch. Das große fleischige Inneneiweiß ist reich an Fett und enthält häufig eine eigenthümliche stickstoffreiche Substanz (Theobromin).

Gatt. *Theobroma* Linn., Arten Theobr. Cacao Linn., Theobr. bicolor Humb., Theobr. speciosum Wild., Theobr. subincanum Mart. und Theobr. sylvestre Mart., so wie noch andere Arten liefern Semen Cacao (s. S. 521).

Fam. Malvaceae Bartl.

Blätter einfach; Staubbeutel aufwärts aufspringend; Fächer gekuppelt, am Grunde von einander getrennt. Kräuter, Stauden oder Sträucher, seltner Bäume.

Die Malvaceen sind vorzugsweise in der Tropenregion einheimisch, und nur etwa 1/3 derselben findet sich in beiden gemäßigten Zonen. Ihr vorwaltender Bestandtheil ist Schleim.

1. Zunft. Malveae, Gatt. *Malva* Linn., Arten: Malva rotundifolia Linn. und Malva borealis Wallr. sind die Mutterpflanzen von Herba und Flores Malvae minoris (s. S. 415 und 471) und Malva sylvestris Linn. lieferte sonst Herba und flores Malvae sylvestris, die wohl jetzt auch noch statt der ersteren gesammelt werden.

Gatt. *Althaea* Cavan., Arten Alth. officinalis Linn., Mutterpflanze von Radix, Herba und flores Althaeae (s. S. 175, 371 u. 460), Alth. rosea Cavan., Mutterpflanze von Flores Malvae arboreae (s. S. 470).

2. Zunft. Hibisceae, Gatt. *Gossypium* Linn., Arten Goss. herbaceum, arboreum, religiosum, indicum, vitifolium und hirsutum Linn. und Goss. punctatum Schum. liefern durch die Wollhaare der Samen die Baumwolle. Die Samen der verschiedenen Arten werden medicinisch und zur Oelbereitung benutzt.

Gatt. *Hibiscus*, Art Hib. Abelmoschus L. Rhede, Mutterpflanze von Semen Abelmoschi (s. S. 512).

3. Zunft. Malopeae mit der Gatt. *Malope*, Art Mal. malacoides Linn., wird am Mittelmeer wie die Malven benutzt.

Einunddreißigste Familiengruppe.

§. 278. Fam. Euphorbiaceae RBr.

Samenknospe hängend; innere Knospenhülle fleischig. Kräuter, Stauden, Sträucher oder Bäume, meist Milchsaft führend.

Die Euphorbiaceen finden sich im tropischen Amerika, um das Mittelmeer und im mittleren Asien, auch in der gemäßigten nördlichen Zone und zwar in Europa und Asien häufiger als in Nordamerika. Sie enthalten fast sämmtlich scharfe und oft giftige Stoffe in dem stets Viscin oder Kautchouk enthaltenden Milchsaft; die Rinde einiger ist aromatisch und der Wurzelstock einiger enthält Stärkmehl, das bei zweckmäßiger Behandlung ein ausgezeichnetes Nahrungsmittel liefert; der Eiweißkörper enthält ein mildes fettes Oel.

Die Familie zerfällt in 6 Zünfte.

1. Zunft. Euphorbieae, mit der Gatt. ***Euphorbia*** Linn. und den Arten: Euph. lathyris Linn., Mutterpflanze von Semen Cataputiae minoris (s. S. 528) und Euph. officinarum, antiquorum und canariensis Linn., Mutterpflanzen des Euphorbiumharzes (s. S. 633).

2. Zunft. Hippomaneae, mit den Gatt. ***Excoecaria*** Linn. und ***Hippomane*** Linn. und den Arten Exc. agallocha Linn. und Hipp. mancinella Linn., welche zu den giftigsten Pflanzen gehören, die bekannt sind.

3. Zunft. Acalypheae, mit der Gatt. ***Mercurialis*** Linn. und den Arten: Merc. perennis Linn., Mutterpflanze von Herba Mercurialis montanae (s. S. 426), und Merc. annua Linn., Mutterpflanze von Herba Mercurialis annuae (s. S. 425).

4. Zunft. Crotoneae, mit den Gatt. ***Siphonia*** Rich., Art Siph. elastica Pers., Mutterpflanze des Südamerikanischen Kautchouks (s. S. 654); ***Aleurites*** Forst., Art Aleur. laccifera Willd., einer Mutterpflanze des Gummilacks (s. S. 618); ***Curcas***, Art Curc. purgans Endl., Mutterpflanzen von Semen Curcas s. Ricini majoris (s. S. 558); ***Manihot***, Arten Man. utilissima und aïpi Pohl., den Mutterpflanzen der Manihotwurzel, welche in den heißen Ländern Amerika's angebaut und zur Gewinnung von Cassavamehl und Bereitung von Tapioka (s. S. 685), sowie auch zum Brodbacken benutzt wird; ***Ricinus*** A. Juss., Art Ric. communis Linn., der Mutterpflanze von Semen Ricini (s. S. 557), aus welchem Oleum Ricini (. S. 701) bereitet wird; ***Croton*** auct. rec. mit den Arten: Crot. Draco Schlchtd., Crot. hibiscifolius und sanguifluus Kunth., Mutterpflanzen einiger Sorten Drachenblut (s. S. 622), Crot. tiglium Ham., Mutterpflanze von Semen Tiglii (s. S. 565) und Oleum Crotonis (s. S. 696), Crot. pavana Ham., von welcher Grana moluccana vera stammen, Crot. eluteria Sw., Mutterpflanze von Cortex Cascarillae (s. S. 281) und Crot. Pseudochina Schlchtd., Mutterpflanze von Cortex Copalche (s. S. 286), und ***Crozophora***, Art Croz. tinctoria A. Juss., deren Farbstoff zur Bereitung von Bezetta coerulea (s. S. 687) benutzt wird.

5. Zunft. Phyllantheae, mit der Gatt. ***Emblica***, Art Embl. officinalis Gaertn., Mutterpflanze von Myrobalani Emblicae (s. S. 499).

6. Zunft. Buxeae, mit der Gatt. ***Buxus*** Linn. und der Art Buxus sempervirens Linn., von welcher Folia und Lignum Buxi früher officinell waren.

Die kleine Familie Phytolacceae RBr., deren Arten den tropischen und subtropischen, wenige nur den gemäßigten Gegenden angehören, sind

wegen der Gattung *Phytolacca*, Art Phytol. decandra Linn., von welcher die früher officinellen Kermesbeeren abstammen, zu erwähnen.

Zweiunddreißigste Familiengruppe.

§. 279. Fam. Simarubeae Dec.

Blätter ohne Drüsen; Fruchtknotenfächer einknospig; Frucht eine in Steinbeeren zerfallende Spaltfrucht; Samen ohne Eiweiß. Bäume oder Sträucher.

Die Simarubeen finden sich fast durchgehends im heißen Amerika und nur wenige im tropischen Asien und auf Madagaskar. Sie enthalten vorzugsweise einen bitteren fast narkotischen Stoff.

Gatt. *Quassia* Dec., Art Quassia amara Linn., Mutterpflanze von Cortex und Lignum Quassiae surinamensis (s. S. 299. u. 341).

Gatt. *Simaruba* Aubl., Arten: Sim. excelsa Dec., Mutterpflanze von Lignum Quassiae jamaicensis (s. S. 340), Sim. guyanensis Rich. und Sim. amara Hayne., Mutterpflanzen von Cortex Simarubae (s. S. 303).

Fam. Diosmeae A. Juss.

Blätter meist ungetheilt, drüsig punktirt; Samen meist ohne Eiweiß. Bäume oder Sträucher, selten Kräuter.

Die Diosmeen finden sich vorzugsweise in Südafrika und Neuholland, wenige im tropischen Amerika, sehr wenige in Asien, diesseits der Tropen nur Dictamnus. Sie enthalten neben Harz und ätherischem Oel besonders noch Bitterstoff.

Gatt. *Galipea* Aubl., Art Gal. officinalis Hanc., Mutterpflanze von Cortex Angusturae verae (s. S. 274).

Gatt. *Barosma* Willd., Arten: Barosma crenata Kunz. und Bar. serratifolia Willd. liefern folia Bucco (s. S. 348).

Gatt. *Dictamnus* Linn., Art Dict. fraxinellus Pers., Mutterpflanze von Radix Dictamni (s. S. 206).

Fam. Rutaceae Bartl.

Blätter meist verschiedenartig zertheilt, drüsig punktirt; Samen mit fleischigem Eiweiß. Stauden oder krautartige Sträucher.

Die Rutaceen finden sich vorzugsweise in den gemäßigten Zonen der alten Welt und weniger nach den Polen und den Tropen hin. Sie enthalten bitteren und harzigen Stoff neben ätherischem Oel.

Gatt. *Ruta* Linn., Art Ruta graveolens Linn. liefert Herba Rutae (s. S. 440).

Peganum Harmala Linn. enthält in den Samen einen eigenthümlichen Farbstoff (vergl. Bd. 3. S. 611 u. 725).

Fam. Zygophylleae RBr.

Blätter zusammengesetzt, mit Nebenblättern, in Wirteln, ohne Drüsen. Bäume, Sträucher oder Kräuter.

Die Zygophylleen sind besonders in den wärmeren gemäßigten Zonen, wenige unter den Tropen einheimisch und fehlen in den kälteren gemäßigten Zonen und an den Polen gänzlich. Sie enthalten viel scharfes und bitteres Harz; das Holz ist von so unregelmäßigem Faserverlauf, daß es sich nicht spalten läßt.

Gatt. Guajacum Linn., Art Guaj. officinale Linn. ist die Mutterpflanze von Cortex, Lignum und Resina Guajaci (s. Bd. 1. S. 292, 339 und 615).

Dreiunddreißigste Familiengruppe.

§. 280. Fam. Oxalideae Dec.

Blätter zusammengesetzt; Blüthen regelmäßig; Frucht eine Kapsel oder Beere. Kräuter, Stauden oder krautartige Sträucher, seltner Bäume.

Die Oxaliden sind besonders im tropischen und subtropischen Amerika, nur wenige im tropischen Asien, einzelne, aber sehr verbreitet, in der nördlichen gemäßigten Zone einheimisch. Sie zeichnen sich durch den Gehalt an oxalsauren Salzen aus.

Gatt. *Oxalis* Linn., Art Oxal. Acetosella Linn. liefert Herba Acetosellae (s. S. 367) und, wie Oxal. stricta und corniculata, das Oxalium (s. Bd. 3. S. 474 u. 1168).

Fam. Lineae Dec.

Blätter meist in Wirteln; Stengel ruthenförmig; Fruchtknoten 4- oder 5fächerig; Fächer zweiknospig und durch eine falsche Scheidewand nochmals getheilt; Samen mit geringem Außeneiweiß. Kräuter oder Stauden.

Diese nur zwei Gattungen umfassende Familie ist in den gemäßigten Zonen und vorzugsweise in Europa einheimisch. Die Pflanzen zeichnen sich durch einen feinen zähen Bast aus und enthalten ein bitterliches Harz; die Keimblätter sind reich an fettem Oel.

Gatt. *Linum* Tournef. mit den Arten Linum usitatissimum Linn.
Abarten. Lin. usit. vulgare Schübl. et Mart. Dreschflachs, und
» » » crepitans Schübl. et Mart. Springflachs
liefert Semen und Oleum Lini (s. Bd. 1. S. 545 und 697); Lin. catharticum Linn., Mutterpflanze von Herba Lini cathartici (s. S. 413).

Fam. Geraniaceae Dec.

Krone regelmäßig oder symmetrisch; Staubweg bis zur Spitze verwachsen; geschwänzte, von unten nach oben vom Mittelsäulchen sich ablösende Theilfrüchtchen. Kräuter, Stauden oder krautartige Sträucher.

Die Geraniaceen sind vorzugsweise in der gemäßigten Zone einheimisch zeigen in den Blättern meist einen intensiv balsamischen Geruch und sind in den fleischigen Stengeln reich an Pflanzensäuren.

Gatt. *Geranium* Linn., Art Ger. robertianum Linn., Mutterpflanze, von Herba Geranii robertiani (s. S. 403).

Vierunddreißigste Familiengruppe.

§. 281. Fam. Asclepiadeae R. Br.

Staubblätter 2—4 fächerig; der Pollen eines jeden Faches in eine wachsartige Masse vereinigt, selten die Pollenkörner zu 4 zusammengeklebt; Pollen immer nach dem Aufspringen der Staubbeutel an 5 drüsigen Stellen des Mündungskörpers angeheftet. Kräuter, Stauden oder Sträucher, oft kletternd, meist Milchsaft führend.

Die Asklepiadeen sind vorzugsweise in den tropischen und subtropischen Zonen und zwar in Afrika und Asien jenseits, in Amerika diesseits des Aequators einheimisch. Ihr Milchsaft ist meist brechenerregend und die Wurzeln sind zum Theil schweißtreibend; die Blätter einiger, wie Marsdenia tinctoria R. Br. und Gymnema tingens Wight. geben Indig, und andere, wie Marsd. tenacissima W. et A. und Orthanthera viminea Wight. einen sehr brauchbaren Bast.

Die Familie zerfällt in drei Zünfte:

1. Zunft. Periploceae mit der Gatt. *Hemidesmus*, Art Hem. indicus R. Br., dessen Wurzel, Radix Nannari, statt der Sassaparille verwendet werden kann.

2. Zunft. Secamoneae mit der Gatt. *Secamone*, Art Secam. Alpini R. et S., angebliche Mutterpflanze des Antiochischen Skammoniums (s. S. 644 und 645).

3. Zunft. Asclepiadeae verae, zerfallend a) in Cynancheae mit den Gattungen *Vincetoxicum* Moench. und *Solenostemma* Hayne und den Arten Vincet. officinale Moench., Mutterpflanze von Radix Vincetoxici (s. S. 267) und Solenost. Arghel Hayne, deren Blätter, folia Arghel, stets den Alexandrinischen Sennesblättern bis zu ⅕ beigemischt sind; b) in Gonolobeae und c) in Pergularieae, die keine bemerkenswerthen Pflanzen enthalten.

Fam. Apocyneae R. Br.

Pollen körnig, unmittelbar auf das leitende Zellgewebe des Mündungskörpers übertragen. Meist Milchsaft führende Bäume oder Sträucher, oft Schlingpflanzen, sehr selten Stauden.

Die Apocyneen finden sich fast durchgehends nur zwischen den Wendekreisen, nur wenige außerhalb derselben. Die meisten derselben enthalten einen scharfen und bitteren, stets Kaoutchouk enthaltenden, mitunter giftigen, seltner milden und nahrhaften Milchsaft; nur wenige haben eine gewürzhafte Rinde.

Gatt. *Vinca* Linn. mit den Arten Vinca major und minor Linn., von denen früherhin Herba Pervincae gesammelt wurde.

Alyxia Reinwardtii Bl., Mutterpflanze von Cortex Alyxiae aromaticae (s. S. 273), gehört ebenfalls zu dieser Familie, so wie auch

die Kaoutchouk liefernden Gewächse Collophora utilis Mart., Hancornia speciosa Gom., Vahea gummifera Poir. und Urceola elastica Roxb.

Fünfunddreißigste Familiengruppe.

§. 282. Fam. Loganiaceae Endl.

Blätter mit Nebenblättern; Staubblätter mehr als 2; Stempel 2- bis 4fächerig; Fächer meist vielknospig, in der Mitte befestigt oder aufsteigend. Bäume, Sträucher, seltner Stauden.

Die Loganiaceen sind fast nur unter den Tropen, nur wenige derselben in Neuholland und Nordamerika einheimisch. Die Wurzel, Rinde und Samen sind häufig scharf narkotisch und enthalten, namentlich bei der Gattung Strychnos, Strychnin und Brucin.

Gatt. *Strychnos* Linn., Arten Strych. Nux vomica Linn., Mutterpflanze von Lignum colubrinum officinarum (s. S. 388), Cortex Angusturae spuriae (s. S. 275) und Nuces vomicae (s. S. 563), Strychn. colubrina Wallr., Mutterpflanze von Lignum colubrinum verum, was wohl noch nicht nach Europa gekommen ist, Strychn. tiente Leschen. liefert das Upas tjetteck oder radja, Fürstengift, und Strychn. guyanensis Mart. das Curare- oder Wuraligift (s. Bd. 3. S. 608), Strychn. Pseudochina St. Hil., Mutterpflanze von China do campo (s. Bd. 1. S. 336) und Strychn. potatorum Linn., deßhalb bemerkenswerth, weil der Samen die Eigenschaft besitzt, unreines Fluß- und Sumpfwasser klar und trinkbar zu machen, wenn die innere Seite der Trinkgefäße damit gerieben wird.

Gatt. *Ignatia* Linn. fil., Art Ign. amara Linn. fil., Mutterpflanze von Fabae Sancti Ignatii (s. S. 559).

Gatt. *Spigelia* Linn. mit den Arten Spig. anthelmia Linn., Mutterpflanze von Herba Spigeliae anthelmiae (s. S. 448), und Spig. marylandica Linn. liefert Herba Spigeliae marylandicae (s. a. a. O.).

Fam. Gentianaceae Juss.

Blätter ohne Nebenblätter; Staubblätter mehr als 2; Stempel einfächerig oder auch unächt 2—4fächerig; Samenknospen zahlreich; Samen mit großem Inneneiweiß. Kräuter, Stauden, seltner Sträucher, zuweilen Schlingpflanzen.

Die Gentianaceen finden sich auf der ganzen Erde, die Mehrzahl derselben jedoch in den wärmeren gemäßigten Zonen. Sie enthalten, besonders in den Wurzeln und Blättern, reine Bitterstoffe.

Die Familie zerfällt in zwei Zünfte:

1. Zunft. Gentianeae, Gatt. *Gentiana* Tournef. mit den Arten Gent. lutea, der wahren Mutterpflanze von Radix Gentianae rubrae (s. S. 213), die aber auch von Gent. purpurea Linn., Gent. pannonica Scop. und Gent. punctata Linn. gesammelt wird; Gent. cruciata Linn., deren Wurzel ebenfalls unter voriger Familie vorkommt.

Gatt. *Erythraea* Rich., Art Erythr. Centaurium Pers., Mutterpflanze von Herba Centaurii minoris (s. S. 386).

Agathotes Chirayta Don. liefert Stipites Chiraytae, und Frasera Walteri Mich. die Radix Columbo spurius (s. S. 198).

2. Zunft. Menyantheae mit der Gatt. *Menyanthes* Linn., Art Menyanth. trifoliata Linn. liefert Radix und Herba Trifolii fibrini (s. S. 542).

Die kleine Familie Jasmineae R. Br., mit meist zusammengesetzten Blättern, zwei Staubblättern, einknospigen Fruchtknotenfächern, aufsteigenden Samenknospen und eiweißlosen Samen, zeichnet sich durch die angenehm riechenden Blumen aus. Gatt. *Jasminum*, Art Jasm. Sambac Linn., Mutterpflanze von flores Jasmini (s. S. 469).

Fam. Oleaceae Lindl.

Blätter zuweilen zusammengesetzt; Staubblätter 2; Fruchtknotenfächer zweiknospig; Samenknospe hängend; Samen mit starkem Eiweiß. Bäume oder Sträucher.

Die Oleaceen sind in der nördlichen gemäßigten Zone und besonders in dem wärmeren Theil derselben einheimisch. Die Rinde und ein Theil des Fruchtgehäuses ist adstringirend und schleimig bitter; manche schwitzen Manna aus. Das Fleisch der Früchte der Oleaceen enthält ein mildes Oel.

Die Familie zerfällt in zwei Zünfte:

1. Zunft. Oleineae mit der Gatt. *Olea* Linn., Arten Olea europaea Linn. liefert die Oliven (s. S. 499) und Oleum Olivarum (s. S. 699); Olea fragrans Vahl.; die wohlriechenden Blätter sollen zur Verfälschung des Chinesischen Thees verwendet werden.

2. Zunft. Fraxineae mit der Gatt. *Fraxinus* Linn. und den Arten: Frax. excelsior Linn., Mutterpflanze von Cortex Fraxini (s. S. 289), Frax. Ornus Linn., deren Rinde durch Einschnitte die Manna ausschwitzt.

Sechsunddreißigste Familiengruppe.

§. 283. Fam. Convolvulaceae Endl.

Fruchtknoten 1—4fächerig, Fächer 1—2knospig; Samenknospen aufrecht, umgekehrt oder halbumgekehrt; Keimblätter zusammengefaltet; Eiweiß, gering, schleimig. Stauden oder Sträucher, oft Schlingpflanzen, häufig Milchsaft führend.

Die Convolvulaceen sind insbesonders unter dem Aequator einheimisch, nehmen nach den Polen hin ab und fehlen in den kalten Zonen gänzlich. Viele derselben enthalten einen harzigen, stark abführenden Milchsaft in den Wurzelknollen, welche bei anderen Arten Stärkmehl enthalten und eßbar sind.

Gatt. *Convolvulus* Spreng., mit den Arten Conv. Schiedeanus Zucc., Mutterpflanze von Radix Jalapae verae und Conv. orizabensis Bell., Mutterpflanze von Radix Jalapae fusiformis (s. S. 221), Conv. Turpethum Linn. liefert Radix Turpethi (s. S. 264), Conv. operculatus Gomez., aus dessen Wurzelstock ein feines Stärkmehl, Gomma de Batata, gewonnen wird; Conv. Scammonia Linn., Conv. sagittae

folius Sibth. u. A. liefern Skammonium (s. S. 642), Conv. Jalapa Linn. Desfont. wird von Einigen als die Mutterpflanze von Radix Mechoacannae (s. S. 231) angenommen; Conv. arvensis Linn. lieferte Herba Convolvuli minoris, was jetzt obsolet ist; Conv. scoparius Linn., Mutterpflanze von Lignum Rhodii (s. S. 341).

Gatt. *Batatas*, Art Bat. edulis und andere Arten, deren Wurzelstöcke eßbar sind und deßhalb unter den Tropen und selbst im südlichen Europa als Bataten oder süße Kartoffeln angebaut werden.

Die hierher gehörende Zunft Cuscuteae, Gatt. *Cuscuta*, Art Cuscuta europaea Linn. liefert Herba Cuscutae (s. S. 395).

Fam. Solaneae Juss.

Stempel zweiblättrig; zwei-, seltner vierfächerig; die mittelständigen Samenträger fleischig, breit, durch ein schmales Blättchen mit dem Mittelsäulchen zusammenhängend; Fächer vielknospig; Samenknospen gekrümmt; Samen mit großem, fleischigem Eiweiß; Keimblätter flach. Kräuter, Stauden, Sträucher oder Bäume.

Die Solaneen sind in der größeren Menge unter den Tropen, besonders in Amerika, wenige auch in den gemäßigten Zonen einheimisch. Sie enthalten meist giftige Alkaloide, besonders in den grünen Pflanzentheilen; das Fleisch der Früchte ist bei einigen genießbar, bei den meisten scharf und balsamisch; die Knollen einiger Arten enthalten viel Stärkmehl und werden als Nahrungsmittel benutzt.

Die Familie zerfällt, je nachdem der Keim gekrümmt oder gerade ist, in zwei Gruppen mit verschiedenen Zünften. Officinelle Pflanzen sind nur in der Gruppe der Krumkeimer enthalten.

1. Zunft. Nicotianeae mit der Gatt. *Nicotiana* Tournef. und den Arten Nicot. Tabacum Metzg., Virginischer Tabak, Unterarten Nic. Tab. sessilifolia und petiolata; Nicot. macrophylla Metzg., Maryland-Tabak, Unterarten Nic. Tabac. sessilifolia und petiolata; Nicot. rustica Linn., Türkischer oder Bauerntabak. Nur von beiden ersten Arten wird Herba Nicotianae (s. S. 429) für die Officinen verwendet.

2. Zunft. Datureae mit der Gatt. *Datura* Linn., Art Datura Stramonium Linn., Mutterpflanze von Herba und Semen Stramonii (s. S. 449 und 563).

3. Zunft. Hyoscyameae mit den Gattungen *Hyoscyamus* Linn. und *Scopolina* Schult. und den Arten Hyosc. niger und Spielarten Hyosc. niger agrestis und pallidus Kit., Mutterpflanzen von Herba und Semen Hyoscyami (s. S. 406 und 544) und Scopol. atropoides Schult., von welcher früher Herba Scopolinae gesammelt wurde.

4. Zunft. Solaneae verae mit mehreren Gattungen, nemlich:

Gatt. *Capsicum* Linn., Art Caps. annuum Linn., Spielarten Caps. annuum indicum, Spanischer oder Türkischer Pfeffer, und Caps. annuum brasiliense, Cayenne- oder Chile-Pfeffer, liefert Fructus Capsici (s. S. 494).

Gatt. *Solanum* Linn. mit den Arten Sol. nigrum Linn., Mutterpflanze von Herba Solani nigri (s. S. 447); Sol. Dulcamara Linn.

liefert Stipites Dulcamarae (s. S. 343), und Sol. tuberosum Linn., Kartoffel, von welcher früher Herba Solani tuberosi (s. S. 344) gesammelt wurde.

Gatt. *Atropa* Linn., Art Atr. Belladonna Linn., Mutterpflanze von Radix und Herba Belladonnae (s. S. 186 und 378).

Gatt. *Physalis* Linn., Art Phys. Alkekengi Linn., liefert Baccae Alkekengi (s. S. 481).

Gatt. *Lycopersicum*; mehrere Arten derselben werden als Liebesäpfel oder Tomate angebaut.

Siebenunddreißigste Familiengruppe.

§. 284. Fam. Scrophularineae R. Br.

Nicht parasitische Pflanzen, mit großem fleischigem Eiweiß, kleinen stumpfen, kaum blattartigen Keimblättern. Kräuter oder Stauden, seltner strauchartig.

Die Scrophularineen sind zwar auf der ganzen Erde verbreitet, sind aber vorzugsweise in den gemäßigten Zonen einheimisch. Sie enthalten zum Theil schleimige, zum Theil bitter adstringirende, zum Theil selbst narkotisch scharfe Stoffe.

Die Familie zerfällt in mehrere Zünfte:

1. Zunft. Verbasceae mit der Gatt. *Verbascum* Linn. und den Arten Verbasc. Schraderi Meyer, Verb. thapsiforme Schrad. und Verb. phlomoides Linn., von welchen Herba und Flores Verbasci (s. S. 453 und 477) gesammelt werden.

2. Zunft. Hemimerideae, ohne officinelle Pflanzen.

3. Zunft. Antirrhineae mit der Gatt. *Linaria* Tournef, zerfallend in die Stämme *Cymbalaria, Chaenorrhinum* und *Linariastrum;* Art Linaria vulgaris Mill., Mutterpflanze von Herba Linariae (s. S. 412).

4. Zunft. Salpiglossideae, enthält keine officinelle Pflanze.

5. Zunft. Digitaleae mit der Gatt. *Digitalis* Linn., Art Digit. purpurea Linn., Mutterpflanze von Herba und Flores Digitalis (s. S. 396 und 468).

6 Zunft. Gratioleae mit der Gatt. *Gratiola* R. Br., Art Grat. officinalis Linn., Mutterpflanze von Herba Gratiolae (s. S. 403).

7. und 8. Zunft. Buchnereae und Buddlejeae, ohne officinelle Pflanzen.

9. Zunft. Veroniceae mit der Gatt. *Veronica* Linn., in die Stämme *Chamaedrys, Pseudolysimachium, Veronicastrum* und *Alsinoides* zerfallend; Arten Veron. officinalis Linn., Mutterpflanze von Herba Veronicae (s. S. 454), Veron. Beccabunga Linn., Mutterpflanze von Herba Beccabungae (s. S. 377) und Veron. Anagallis Linn., welche auch statt der vorigen gebraucht wird.

10. Zunft. Gerardieae, ohne officinelle Pflanzen.

11. Zunft. Rhinantheae mit der Gatt. *Euphrasia* Linn., Art Euphr. officinalis Linn., Mutterpflanze von Herba Euphrasiae, was obsolet ist.

Die Familien Orobancheae Rich., Pedalineae R. Br., Bignoniaceae R. Br., Gesnerieae Rich. und Acanthaceae R. Br., welche ebenfalls zu der 37. Familiengruppe gehören, haben keine officinellen Pflanzen, jedoch ist von den Bignoniaceen Bignia leucoxylon Linn. wegen der Verwendung der Rinde als sicherstes Mittel gegen das Manchinellgift, und Sesamum orientale und indicum Linn. wegen des besonders von den Uhrmachern verwendeten, aus den Samen gewonnenen Sesamöles (s. S. 704) zu erwähnen.

Achtunddreißigste Familiengruppe.

§. 285. Fam. Labiatae Juss.

Blumen zweilippig; Fruchtknoten vierlappig; Frucht vier einsamige Theilfrüchtchen; Samenknospen aufrecht, halb gekrümmt. Stauden oder Sträucher.

Die Labiaten oder Lippenblüthler sind zwar über der ganzen Erde verbreitet, aber doch in der größten Menge in den wärmeren Gegenden der nördlichen gemäßigten Zone, besonders am Mittelmeer einheimisch. Sie enthalten in allen grünen Theilen viel an ätherischem Oel, sonst auch noch bittere Harze und Extraktivstoffe, sonst zum Theil Gerbstoff.

Die Familie zerfällt in verschiedene Zünfte.

1. Zunft. Ocymoideae mit den Gattungen *Ocymum* Linn. und *Lavandula* Linn. und den Arten Ocym. basilicum Linn., Mutterpflanze von Herba Basilici (s. S. 377) und Lavand. vera Dec., der eigentlichen Mutterpflanze der flores Lavandulae (s. S. 469), und Lavandul. Spica Dec., von welcher Oleum Spicae (s. S. 727) gewonnen wird.

2. Zunft. Menthoideae mit den Gattungen *Mentha* Linn. und *Pulegium* Mill., Arten Mentha piperita auct. rec., Abarten hirsuta und glabrior, Mutterpflanze von Herba Menthae piperitae (s. S. 423); Mentha rotundifolia, sylvestris, aquatica, sativa, gentilis und arvensis mit vielen Abarten, von denen die mit krausen, eigenthümlich riechenden Blättern als Krausemünze, Herba menthae crispae (s. S. 422), gesammelt werden, wozu gewöhnlich aber die Spielart von Mentha aquatica crispa Benth. gewählt wird. Die Art Mentha aquatica liefert auch Herba Menthae aquaticae (s. S. 421), Menth. gentilis Herba Menthae balsaminae (s. S. 422) und Mentha arvensis Herba Menthae equinae (s. S. 423), während die oben nicht erwähnte Mentha viridis Linn. die Mutterpflanze von Herba Menthae romanae (s. S. 421) ist. — Pulegium vulgare Mill. liefert Herba Pulegii (s. S. 437).

3. Zunft. Monardeae mit den Gattungen *Salvia* Linn., Stamm *Eusphace*, Art Salv. officinalis Linn., liefert Herba Salviae (s. S. 441), und Stamm *Lyperosphace*, Art Salv. Rosmarinus Schleiden (Rosmarinus officinalis Linn.), Mutterpflanze von folia Rorismarini (s. S. 353). *Monarda* Linn., Art Mon. didyma Linn., Mutterpflanze von Herba Monardae (s. S. 427).

4. Zunft. Satureineae mit mehreren Gattungen, nemlich:

Gatt. *Origanum* Linn. bildet zwei Stämme, nemlich: 1) *Origanum verum* Koch. mit den Arten Origanum vulgare Linn., Spielarten Orig. vulg. genuinum und prismaticum Vogel, liefern Herba Origani vulgaris (s. S. 431), Origan. hertum Koch und das dem 2. Stamme angehörende Origan. smyrnaeum Benth., Mutterpflanze von Herba Origani cretici (s. a. a. O.) und Origan. paniculatum Koch., der Wintermajoran unserer Gärten; 2) *Majorana* Koch., Art Origan. Majorana Linn., liefert Herba Majoranae (s. S. 415), und 3) *Amaracus* mit der Art Origan. Dictamnus Linn., Mutterpflanze von dem obsoleten Herba Dictamni cretici.

Gatt. *Thymus* Linn. mit den Arten Thym. vulgaris Linn., Mutterpflanze von Herba Thymi (s. S. 451) und Thym. Serpyllum Linn., Mutterpflanze von Herba Serpylli (s. S. 446).

Gatt. *Satureja* Benth., Art Satureja hortensis Linn., Mutterpflanze von Herba Saturejae (s. S. 443).

Gatt. *Hyssopus* Benth., Art Hyssop. officinalis Linn., Mutterpflanze von Herba Hyssopi (s. S. 408).

5. Zunft. Melissineae mit der Gatt. *Melissa* auct. rec., Art Melissa officinalis Linn., liefert Herba Melissae (s. S. 420).

6. Zunft. Scutellarineae mit der Gatt. *Prunella* Linn. und den Arten Prunella vulgaris Linn. und Prun. grandiflora Jacq., von welchen beiden das obsolete Herba Prunellae gesammelt wird.

7. Zunft. Prostanthereae, ohne officinelle Pflanzen.

8. Zunft. Nepeteae mit den Gattungen *Nepeta* auct. rec. und *Glechoma* Linn. und den Arten Nepeta cataria Linn., Mutterpflanze von Herba Nepetae (s. S. 429), Spielart Nepet. cataria β citriodora, welche häufig in den Officinen statt Herba Melissae vorkommt, und Glechoma hederacea Linn., Mutterpflanze von Herba Hederae terrestris (s. S. 404).

9. Zunft. Stachydeae mit mehreren Gattungen, nemlich:

Gatt. *Lamium* Linn., in die Stämme *Orvala*, *Lamiopsis* und *Lamiotypus* zerfallend, Art Lamium album Linn., Mutterpflanze von Flores Urticae mortuae (s. S. 479).

Gatt. *Panzeria* Moench., Art Panz. lanata Bunge, Mutterpflanze von Herba Ballotae lanata (s. S. 375).

Gatt. *Galeopsis* Linn., Art Gal. ochroleuca Lam., liefert Herba Galeopsidis (s. S. 401).

Gatt. *Stachys* Linn. mit den Stämmen *Eriostachys*, *Stachyotypus* und *Pseudosideritis*; Art Stachys recta Linn., Mutterpflanze von Herba Sideritis (s. S. 447).

Gatt. *Betonica* Linn., Art Betonica officinalis Linn., Mutterpflanze von Radix Betonicae, welche obsolet geworden ist, und von Herba Betonicae (s. S. 378).

Gatt. *Marrubium* Linn., Art Marrub. vulgare Linn., Mutterpflanze von Herba Marrubii albi (s. S. 416).

Gatt. *Ballota* Linn., Art Ballot. nigra Linn. liefert Herba Ballotae nigrae s. Marrubii nigri (s. S. 417).

10. Zunft. Prasieae, ohne officinelle Pflanzen.

11. Zunft. Ajugoideae mit

Gatt. *Teucrium* Linn. mit den Stämmen *Scorodonia*, *Scordium* und *Chamaedrys* und den Arten Teucrium Scordium Linn., liefert Herba Scordii (s. S. 444), Teucr. Marum Linn., Mutterpflanze von Herba Mari veri (s. S. 416) und Teucr. Chamaedrys Linn., Mutterpflanze von Herba Chamaedryos (s. S. 387).

Gatt. *Ajuga* auct. rec. mit den Stämmen *Bugula* und *Chamaepitys* und der Art Ajuga Chamaepitys Schreb., wovon Herba Chamaepityos (s. S. 388) gesammelt wird.

Die Familie Verbenaceae Juss. mit 2= oder 4blättrigem, 2=, 4= oder 8fächerigem Fruchtknoten, endständigem Staubweg, aufrechten oder aufsteigenden, umgekehrten oder halbgekrümmten Samenknospen und Beeren= oder Steinbeerenfrüchten, ist wegen Verbena officinalis Linn., Mutterpflanze von Herba Verbenae (s. S. 453), Tectona grandis Linn., Mutterpflanze des festen Teckholzes, zu erwähnen.

Fam. Asperifoliae Linn.

Staubblätter 5; Staubweg end= oder grundständig; Fruchtknoten einfach oder vierlappig, vierfächerig; Fächer einknospig; Samenknospen hängend, umgekehrt; Frucht 2 zweisamige oder 4 einsamige Theilfrüchtchen. Kräuter, Stauden, Sträucher oder Bäume.

Die Asperifolien sind in den gemäßigten Zonen der ganzen Erde einheimisch und sind am Mittelmeer und in Mittelasien am häufigsten; sie nehmen schneller gegen den Aequator als gegen die Pole hin ab. Sie sind reich an Schleim, zuweilen etwas bitter und adstringirend; die Wurzeln und Wurzelstöcke enthalten meist viel Inulin, einige auch einen harzartigen purpurrothen Farbstoff.

Die Familie zerfällt in zwei Zünfte:

1. Zunft. Ehretiaceae, bloß wegen des nach Vanille riechenden, als Zierpflanze beliebten Heliotropium peruvianum Linn. zu erwähnen.

2. Zunft. Borragineae, mit folgenden Gattungen:

Gatt. *Pulmonaria* Linn., Art Pulm. officinalis Linn., Mutterpflanze von Herba Pulmonariae (s. S. 437).

Gatt. *Lithospermum* Linn., Art Lithosp. officinale Linn., liefert Semen Milii solis (s. S. 548).

Gatt. *Anchusa* Linn. mit den Arten Anchusa officinalis Linn., Mutterpflanze der obsoleten Radix Buglossi, und Anchusa tinctoria Linn., liefert Radix Alkannae (s. S. 171).

Gatt. *Symphytum* Linn., Art Symph. officinale Linn., liefert Radix und Herba Consolidae majoris (s. S. 201 und 393).

Gatt. *Cynoglossum* Tournef., Art Cynogl. officinale Linn., Mutterpflanze von Radix und Herba Cynoglossi (s. S. 203 und 395).

Gatt. *Borago* Linn., Art Bor. officinalis Linn., liefert Herba und Flores Boraginis (s. S. 379 und 463).

Hierher gehören noch die Familien Nolanaceae Lindl., Selagineae Juss., Myoporineae R. Br. und Cordiaceae R. Br. Aus

letzterer Familie sind Cordia mixa und sebestena Linn. als Mutterpflanzen der Fructus Sebestenae (s. S. 502) zu erwähnen.

Neununddreißigste Familiengruppe.

§. 286. Fam. Primulaceae Vent.

Krone regelmäßig; Kelch röhrig; Fruchtknoten vielknospig; Frucht eine Kapsel. Kräuter oder Stauden.

Die Primulaceen finden sich vorzugsweise in der nördlichen gemäßigten Zone, namentlich in Asien und Europa, nur wenige zwischen den Wendekreisen und in der südlichen gemäßigten Zone. Sie zeigen nur wenig Auffallendes in ihren chemischen Bestandtheilen, jedoch findet sich in den knolligen Wurzelstöcken einiger ein bitter-scharfer, brechenerregender und abführender Stoff.

Die Familie zerfällt in 4 Zünfte:

1. Zunft. Primuleae mit den Gattungen *Primula* Linn. und *Cyclamen* Linn. und den Arten Prim. officinalis Jacq., liefert Flores Primulae veris (s. S. 473), und Cycl. europaeum Linn., Mutterpflanze von Radix Cyclaminis (s. S. 204).

2. Zunft. Anagallideae mit der Gatt. Anagallis Linn., Art Anagall. arvensis Linn., liefert Herba Anagallidis (s. S. 371).

Zünfte Hottonieae und Somoleae ohne officinelle Pflanzen.

Hierher gehören die Familien: Myrsineae R. Br., baumartige Primulaceen mit Beeren oder Steinbeeren, Utricularieae Endl., symmetrische Primulaceen mit 2 Staubblättern, Globularieae Dec., mit einfächerigem Fruchtknoten und einer an der Fruchtknotenwand hängenden Samenknospe, und Plumbagineae Vent., mit einfächerigem Fruchtknoten und einer am freien Samenträger hängenden Samenknospe. Aus letzterer Familie ist Plumbago europaea Linn. als Mutterpflanze von Radix Plumbaginis (s. S. 238) zu erwähnen.

Vierzigste Familiengruppe.

§. 287. Fam. Ericeae R. Br.

Krone gefärbt, krautartig oder fleischig; Staubbeutel unächt zweifächerig; Staubbeutelkammern meist nach Oben getrennt und meist mit unächten Löchern aufspringend; Fruchtknoten auf drüsigem, scheiben- oder tellerförmigem Stempelträger, vielfächerig, sehr selten einfächerig, Fächer vielknospig. Sträucher oder Bäume.

Die Ericeen sind zwar auf der ganzen Erde verbreitet, gehören jedoch vorzugsweise der gemäßigten und der nördlichen kalten Zone an, finden sich am zahlreichsten im südlichen Afrika und fehlen in Südamerika und in Neuholland gänzlich. Sie sind meist bitter adstringirend, zum Theil harzig und zum Theil in geringem Grade narkotisch.

Die Familie zerfällt in drei Zünfte:

1. Zunft. Ericineae mit der großen Gatt. *Erica* Linn., die jedoch keine officinellen Pflanzen enthält, und der Gatt. *Artostaphylos* Adans., Art Artost. officinalis W. et G., Mutterpflanze von Folia Uvae Ursi (s. S. 363).

2. Zunft. Rhododendreae mit den Gattungen *Rhododendron* Linn. und *Ledum* Linn. und den Arten Rhod. ferrugineum und hirsutum Linn., Mutterpflanzen von den weniger gebräuchlichen und oft zur Verfälschung der folgenden dienenden folia Rhododendri ferruginei und Rhod. crysanthum Linn., Mutterpflanze von folia Rhododendri crysanthi (s. S. 352); Ledum palustre Linn. liefert folia Ledi palustris (s. S. 351).

3. Zunft. Pyroleae mit der Gatt. *Pyrola* Linn., Arten Pyr. umbellata Linn., liefert Herba Pyrolae umbellatae, und Pyr. rotundifolia Linn., Mutterpflanze von Herba Pyrolae rotundifoliae (s. S. 439).

Zu dieser Gruppe gehören noch die Familien: Sapoteae R. Br., unter den Tropen einheimisch und durch die vielen wohlschmeckenden Früchte aus den Gattungen *Achras* R. Br., *Lucuma* Juss. und *Chrysophyllum* Linn. ausgezeichnet, Ebenaceae Vent., bemerkenswerth wegen der Gatt. *Diospyros*, dessen verschiedene Arten das Ebenholz geben, und Epacarideae R. Br., die sich von den Ericeen nur durch die unächt einfächerigen Staubbeutel unterscheiden und beinahe auf Neuholland beschränkt sind.

Fam. Plantagineae Vent.

Fruchtknoten einfächerig, selten zweifächerig; Fächer einknospig, selten zwei- bis vielknospig; Krone trockenhäutig. Kräuter oder Stauden.

Die Plantagineen finden sich in allen Erdstrichen, in der reichlichsten Menge jedoch am Mittelmeer und in Nordamerika. Wurzel und Blätter sind schwach bitter und adstringirend; die Samenoberhaut enthält viel Schleim.

Gatt. *Plantago* Linn. mit den Stämmen *Plantago vera*, *Coronopus* und *Psyllium* und den Arten Plant. major, media und lanceolata Linn., liefern Herba Plantaginis majoris, mediae und minoris (s. S. 434 und 435), und Plant. Psyllium Linn. und Plant. arenaria W. et K., Mutterpflanzen von Semen Psyllii (s. S. 556).

Einundvierzigste Familiengruppe.

§. 288. Fam. Hippocastaneae Endl.

Blätter immer in Wirteln, meist fingerförmig zusammengesetzt, Scheibe ungesporet. Sträucher oder Bäume.

Die Hippocastaneen sind mit Ausnahme der in Kleinasien einheimischen officinellen Art in Nordamerika einheimisch; sie haben eine Bitter- und Gerbstoff haltige Rinde und an Stärkmehl sehr reiche Keimblätter.

Gatt. *Aesculus* Linn., Art Aesc. Hippocastanum Linn., Mutterpflanze von Cortex und Semen Hippocastani (s. S. 293 und 542).

Hierher gehören noch die Familien: Sapindaceae Juss., unter deren Arten Sapindus Saponaria Linn. wegen der Verwendung des klebrigen

Fruchtmarkes statt Seife zum Waschen zu erwähnen ist, und Tropaeoleae Juss., Spanische Kresse, wegen Tropaeolum majus Linn., sonst Herba und Flores Nasturtii indici liefernd.

Zweiundvierzigste Familiengruppe.

§. 289. Fam. Anacardiaceae Lindl.

Blätter einfach oder zusammengesetzt, ohne durchscheinende Oeldrüsen; Blüthen oft klein; Kronenblätter frei; Fruchtknoten einfächerig oder zuweilen mit einigen verkümmerten Fächern. Sträucher oder Bäume mit gummiharzigen oder milchigen Säften.

Die Anacardiaceen sind insbesonders unter den Tropen und in den wärmeren Strichen der gemäßigten Zonen, namentlich im südlichen Asien, Afrika und Amerika einheimisch, während in Europa nur wenige vorkommen. Sie sind theils reich an harzigen Stoffen, theils enthalten sie scharfe oder bitter adstringirende, in einigen Fällen sehr giftige Stoffe; mehrere haben fleischige wohlschmeckende Früchte.

Gatt. *Pistacia* Linn., mit den Arten Pist. Lentiscus Linn., liefert das Mastixharz (s. S. 620), Pist. terebinthus Linn., Mutterpflanze von Terebinthina vera (s. S. 604), und Pist. vera Dec., Mutterpflanze von Semen Pistaciae (s. S. 555).

Gatt. *Rhus* Linn., mit den Arten Rhus Toxicodendron Torr., liefert Folia Rhois radicantis (s. S. 353), und Rhus coriaria Linn., von welcher die gerbstoffreichen Blätter als Schmack bei der Gerberei und Färberei verwendet werden.

Anacardium occidentale Linn. liefert Semen Anacardiae occidentalis und Semecarpus Anacardium L. ist Mutterpflanze von Semen Anacardii orientalis (s. S. 516 und 517).

Die prachtvollen Chinesischen Firnisse stammen von Melanorrhoea usitatissima Wall., Stagmaria verniciflua Jacq. und Augia chinensis Laur., welche ebenfalls zu dieser Familie gehören.

Fam. Aurantiaceae Corr.

Blätter zusammengesetzt, mit durchscheinenden Oeldrüsen; Kronenblätter frei; Frucht eine Beere mit lederartiger Fruchtschale, die Fächer mit saftigen Zellen erfüllt. Sträucher oder Bäume.

Die Aurantiaceen sind meist im tropischen Asien einheimisch, aber in allen wärmeren Erdstrichen durch Kultur eingebürgert. In den Blättern und Fruchtschalen enthalten sie vorzugsweise ätherisches Oel mit bitterem Extraktivstoff, in den saftigen Zellen der Fruchtfächer neben Zucker freie Pflanzensäuren, namentlich Citronensäure und Aepfelsäure.

Gatt. *Citrus* Linn. mit den Arten Citrus Aurantium L. u. Abarten:
Citr. Aurant. amara Hayne, bittere Pomeranze, Mutterpflanze von Cortex, Folia, Flores und Poma Aurantii, Oleum Corticum Aurantii und Neroli (s. S. 278, 347, 462, 506 und 716);
Citr. Aurant. dulcis Hayne, süße Pomeranze, Apfelsine, und

Citr. Aurant. Bergamia Hayne, Bergamotte, liefert Oleum Bergamottae (s. S. 717);

Citrus medica Linn. mit den Abarten:
Citr. medic. Cedra Hayne, ächte Citrone oder Cedrate,
Citr. medic. Limonum Hayne, saure Citrone oder Limone, und
Citr. medic. Limetta Hayne, süße Citrone oder Limette.

Von den beiden ersteren Abarten stammen Cortex, Fructus und Oleum Citri (s. S. 285, 506 und 723).

Fam. Styraceae Endl.

Blätter einfach; Kronenblätter verwachsen; Frucht aus 2 mehrfächerigen Fruchtknoten meist eine durch Fehlschlagen einfächerige, einsamige Steinbeere; Eiweiß fleischig. Sträucher oder Bäume.

Die Styraceen sind meist in der heißen Zone einheimisch und nur wenige finden sich in den wärmeren Gegenden der nördlichen gemäßigten Zone. Die officinellen Arten sind reich an wohlriechendem Harz oder Balsam.

Gatt. *Styrax* Linn. mit den Arten Styr. officinalis Linn., Mutterpflanze des eigentlichen Storax solidus (s. S. 625), und Styrax Benzoin Dryand., von welcher Art Resina Benzoïs (s. S. 608) stammt.

Fam. Burseraceae Kunth.

Blätter zusammengesetzt, durchscheinend drüsig; Blüthen klein; Fruchtknoten 2—5 fächerig; Frucht eine Steinbeere mit 1—5 einsamigen Steinen oder eine Kapsel. Sträucher oder Bäume.

Die Burseraceen sind fast sämmtlich unter den Tropen einheimisch und über Asien, Afrika und Amerika vertheilt. Sie sind sämmtlich reich an balsamisch harzigen und gummiharzigen Säften.

Gatt. *Boswellia* Roxb. mit den Arten Bosw. serrata Roxb., Mutterpflanze des ächten Ostindischen Weihrauchs (s. S. 640), und Bosw. glabra Roxb., deren reineres Gummiharz in Ostindien wie Weihrauch, das unreinere statt Pech zu Fackeln u. s. w. verwendet wird.

Gatt. *Balsamodendron* Kunth. mit den Arten Bals. Myrrha Fr. Nees. und Bals. Kataf Kunth., Mutterpflanzen der Myrrhe (s. S. 637), Bals. africanum Arn., liefert das Bdellium (s. S. 632), das man früher von anderen Pflanzen ableitete, und Bals. gileadense Fr. Nees., Mutterpflanze des Mekkabalsams (s. S. 595).

Gatt. *Icica* Aubl. mit der Art Icica Icicariba Dec., Mutterpflanze des Westindischen Elemis (s. S. 613).

Gatt. *Elaphrium* Jacq. mit den Arten Elaphr. tomentosum Jacq. und Elaphr. excelsum Kunth., Mutterpflanzen des Westindischen Takamahaks (s. S. 627).

Dreiundvierzigste Familiengruppe.

§. 290. Fam. Staphyleaceae Bartl.

Blätter zusammengesetzt; Staubblätter mit den Kronenblättern abwechselnd; Eiweiß gering; Samen steinhart. Sträucher oder Bäume.

Diese kleine, in der nördlichen Hemisphäre einheimische Familie ist wegen *Staphylea* Linn., Art St. pinnata Linn., Pimpernuß, zu bemerken.

Die Familie Celastrineae R. Br., mit einfachen Blättern, mit den Kronenblättern abwechselnden Staubblättern, aufrechten oder aufsteigenden Samenknospen und häufig mit Samenmantel versehenem, reichlich Eiweiß enthaltendem Samen ist wegen Catha edulis Forsk., deren Blätter lange vor der Einführung des Kaffees zu einem nervenaufregenden und schlafvertreibenden Getränk benutzt wurden, zu erwähnen.

Fam. Aquifoliaceae Dec.

Blätter einfach; Staubblätter mit den Kronenblättern abwechselnd; Samenknospen hängend; Samen mit großem Eiweiß und sehr kurzem Samenmantel. Sträucher oder Bäume.

Die Aquifoliaceen finden sich überall in der heißen und gemäßigten Zone, aber nirgends häufig. Sie enthalten vorzugsweise bitteren Extraktivstoff und Viscin, manche auch ein aromatisches Harz.

Gatt. *Ilex* Linn. mit den Arten Ilex Aquifolium Linn. liefert Folia Aquifolii (s. S. 346), Ilex paraguayensis Lamb. und Ilex vomitoria Ait., Mutterpflanzen von Folia Paraguae s. Herba Apalagines (s. S. 372). Die folia Gongonhae, die a. a. O. als Synonyme des Paraguaythees aufgeführt sind, stammen von der verwandten Art Cassine Gongonha Mart.

Fam. Rhamneae R. Br.

Blätter einfach; Krone häufig fehlschlagend; Staubblätter mit den Kelchblättern abwechselnd; Samenknospen aufrecht; Samen mit unbedeutendem Eiweiß. Stauden, Sträucher oder Bäume.

Die Rhamneen sind in der heißen und in den beiden gemäßigten Zonen der Erde verbreitet. Sie zeichnen sich durch den Gehalt an bitteren Extraktivstoff, scharfen, purgirenden Stoff und verschiedenen Farbstoffen aus.

Gatt. *Rhamnus* Tournef. mit den Arten Rhamn. cathartica Linn., Mutterpflanze von Baccae Spinae cervinae (s. S. 489), Rhamn. tinctoria W. et K., Rhamn. infectoria und saxatilis Linn. u. a. A. liefern Grana gallici (s. S. 489).

Gatt. *Zizyphus* Tournef., Art Ziz. vulgaris Lam., liefert **Baccae Jujubae** (s. S. 484).

Fam. Ampelideae Dec.

Blätter einfach oder zusammengesetzt; Staubblätter vor den Blumenblättern stehend; Fruchtknoten zweifächerig; Samenknospen aufrecht; Frucht eine saftige Beere; Samenschale beinhart; Eiweiß hornartig. Sträucher oder Bäume, oft Schlingpflanzen.

Die Ampelideen sind zwischen den Tropen, vorzugsweise in Asien, außerhalb derselben fast nur in Nordamerika einheimisch. Sie sind in allen Theilen adstringirend und reich an weinsteinsauren Salzen, in den Beeren auch an Zucker.

Gatt. *Vitis* Linn., Art Vitis vinifera Linn. liefert Folia et Pampini Vitis viniferae (s. S. 364(; die getrockneten Beeren, große und kleine Rosinen (s. S. 504 und 505) stammen von verschiedenen Spielarten, die letzteren namentlich von Vit. vinifera β. apyrena Linn. Der frisch gepreßte Saft giebt durch Gährung den Wein von verschiedener Qualität, Farbe und Benennung.

Vierundvierzigste Familiengruppe.

§. 291. Fam. Amygdaleae Endl.

Nebenblätter hinfällig; Blüthen regelmäßig; Staubblätter zwanzig; Fruchtknoten 1; zwei hängende umgekehrte Samenknospen; einsamige Beere. Sträucher oder Bäume.

Die Amygdaleen sind mit wenigen Ausnahmen in der nördlichen gemäßigten Zone einheimisch und nur wenige finden sich im tropischen Asien und Amerika. Sie haben meist wohlschmeckende und eßbare Früchte; die Keimblätter sind reich an mildem fetten Oel und enthalten die Bedingungen zur Bildung des ätherischen Bittermandelöles, nemlich Emulsin und Amygdalin, welche auch in allen jungen Rinden und Blättern vorhanden zu sein scheinen; die Rinde ist gewöhnlich auch reich an Gummi, welches leicht ausquillt.

Gatt. *Amygdalus* Tournef. mit der Art Amygd. communis Linn. und den Spielarten Amygd. communis amara und dulcis Hayne, erstere Amygdalae amarae, letztere Amygdalae dulces (s. S. 514) gebend.

Gatt. *Persica*, Art Pers. vulgaris Dec., Mutterpflanze von Folia, Flores und Semen Persicarum (s. S. 351, 473 u. 552).

Gatt. *Prunus* Linn. mit 4 Stämmen, nemlich: 1) *Armeniaca* mit der Art Prunus Armeniaca Linn., Aprikose; 2) *Pruni genuinae* Koch. mit den Arten: Prun. spinosa Linn., liefert flores und fructus Pruni spinosae (s. S. 459 u. 502), Prun. insititia Linn., Pflaumen, und Prun. domestica Linn., Zwetsche, die Mutterpflanze von Fructus Pruni domesticae (s. S. 501); 3) *Cerasus* Tournef. mit den Arten: Prun. Avium Linn., Spielarten α) vulgaris, Vogelkirsche, β) juliana, weiche Herzkirsche, Molkenkirsche und γ) duracina, harte Herzkirsche oder Knorpelkirsche, von welchen beide letzteren cultivirt und ihre Früchte und Samen, Cerasa nigra (s. S. 493) und Nuclei Cerasorum nigrorum, auch in Apotheken gebraucht werden; Prunus

Cerasus Linn. mit den Spielarten α) acida, Glaskirsche, und β) austera, Amarelle oder Morelle, liefern Cerasa acida (s. S. 492); Prun. chamaecerasus Jacq., Ostheimer Kirsche. 4) *Padus* Mill. mit den Arten Prun. Laurocerasus Linn., Mutterpflanze von Folia Laurocerasi (s. S. 350), Prun. Padus Linn., liefert Cortex Pruni Padi (s. S. 298) und Prun. Mahaleb Linn., Aechte Weichsel, zu Pfeifenröhren dienend.

Fam. Papilionaceae RBr.

Kelch meist zweilippig; Unterlippe dreiblättrig; Krone eine Schmetterlingsblume; Staubblätter 10; Fruchtknoten ein- bis vielknospig; Keim gekrümmt. Kräuter, Stauden, Sträucher oder Bäume.

Die Papilionaceen sind zwar auf der ganzen Erde verbreitet, finden sich jedoch am häufigsten in der heißen Zone und den dieser zunächst liegenden Erdstrichen, und zwar am häufigsten in der alten Welt. Durch das Stärkmehl der Keimlappen, die süßen zuckerähnlichen Stoffe in der Wurzel und im Samen, ätherisches Oel und Balsame und adstringirende Stoffe in der Rinde, Farbstoffe im Holze und Indigo in den Blättern, so wie auch bei einigen durch die Gegenwart bitterscharfer, bei anderen durch die von narkotisch-giftigen Stoffen wird die mannichfaltige Anwendung der verschiedenen Arten bestimmt.

Diese große Familie zerfällt in 7 Zünfte mit Unterzünften.

1. Zunft. Podolarieae, ohne bemerkenswerthe Pflanze.

2. Zunft. Loteae mit vier Unterzünften, nemlich:

1) Genisteae: Gatt. *Ononis* mit den Arten: Onon. spinosa Willd. und Onon. repens Linn., Mutterpflanzen von Radix Ononidis spinosae (s. S. 234). Gatt. *Genista* Koch. mit zwei Stämmen *Corothamus* und *Genistae genuinae*, Art Genista tinctoria Linn., liefert Herba Genistae (s. S. 402). Gatt. *Anthyllis*, Art Anthyll. vulneraria Linn., Mutterpflanze von Herba Vulnerariae, jetzt obsolet.

2) Trifolieae: Gatt. *Medicago*, Art Medic. sativa Linn., Luzerne.

Gatt. *Trigonella* Linn, Art Trig. Foenum graecum Linn., Mutterpflanze von Semen Foenigraeci (s. S. 541).

Gatt. *Melilotus* Tournef., mit den Stämmen 1) *Coelorytis*, Arten Melil. macrorrhiza Pers. und Melil. officinalis Desv., Mutterpflanzen von Herba Meliloti (s. S. 419), und 2) *Grammocarpus*, Art Melil. coerulea Lam.; wird dem grünen Schabzieger beigemischt, um demselben den eigenthümlichen Geruch und Geschmack zu geben.

Gatt. *Trifolium* Linn. mit den Arten: Trif. pratense Linn., von welchem früher Herba, Flores und Semen Trifolii purpurei officinell waren und wie die Arten Trif. pannonicum Jacq., Trif. incarnatum Linn. u. A. als Klee angebaut wird; Trifol. repens Linn., von dem Herba und Flores Trifolii albi s. Lagopi im Gebrauch waren und auch jetzt wieder in Anwendung kommen.

3) Galegeae: Gatt. *Indigofera* Linn. mit den Arten: Indigof. tinctoria, argentea und Anil Linn. und Indigof. coerulea Roxb., von welchen hauptsächlich der Indigo (s. S. 688) gewonnen wird.

Gatt. *Glycirrhiza* Linn. mit den Arten: Glyc. glabra Linn. und echinata Linn., Mutterpflanzen von Radix Liquiritiae (s. S. 229).

Gatt. *Galega* Linn., Art Galeg. officinalis Linn., Mutterpflanze von Herba Galegae (s. S. 401).

Die Gattungen *Robinia* Linn. und *Colutea* Linn. werden in vielen Arten bei uns in Gärten als Ziersträucher cultivirt.

4) Astragaleae: Gatt. *Astragalus* Dec., mit den Stämmen: *Glycirrhizi, Tragacanthae* und *Podochreati*, und den Arten: Astrag. verus Oliv., Astrag. gummifer Labill. und Astrag. strobiliferus Lindl., Mutterpflanzen der verschiedenen Sorten Traganth (s. S. 588), Astrag. exscapus Linn., liefert Radix Astragali exscapi (s. S. 185), und Astrag. baeticus Linn., als Schwedischer oder Stragel-Kaffee angebaut.

3. Zunft. Vicieae: Gatt. *Cicer* Linn., Art Cic. arietinum Linn., Mutterpflanze von Semen Ciceris (s. S. 528).

Gatt. *Pisum* Tournef., mit den Arten: Pis. arvense Linn., Felderbse, und Pis. sativum Linn., Gartenerbse, vielfach angebaut.

Gatt. *Lathyrus* Koch., mit den Arten: Lath. lens Koch., Linse, und Lath. sativus Linn., Platterbse, ebenfalls angebaut.

Gatt. *Vicia* Linn. mit den Arten: Vic. faba Linn., Buffbohne, und Vic. sativa Linn., Futterwicke, angebaut.

4. Zunft. Hedysaraceae mit 3 Unterzünften:

1) Corollineae mit der Gatt. *Coronilla* Linn., zwei Stämme: *Emerus* und *Coronilla* bildend, mit den Arten: Coron. Emerus Linn., Kronenwicke, wovon früher Herba Coluteae scorpioidis officinell war, und Coron. varia Linn., Peltschen, welche als giftig gilt.

2) Hedysareae mit den Arten Arachis hypogala Linn., Mutterpflanze von Semen Arachis (s. S. 519), Sesbania paludosa Jacq., dessen Mark zur Bereitung des Ostindischen Reißpapiers verwendet wird, und Onobrychis sativa Lam., Esparsette, von welcher früher Herba Onobrychis gesammelt wurde.

3) Alhageae mit der Art Alhagi Maurorum Tournef., Mutterpflanze der Himmelsmanna (s. S. 678).

5. Zunft. Phaseoleae mit den Unterzünften: Clitorieae, Kennedyeae, Glycineae und Diocleae, die keine bemerkenswerthen Pflanzen enthalten; Erythrineae mit den Gattungen *Erythrina*, von der die Samen verschiedener Arten als Halsschmuck verwendet werden, und *Mucuna* Juss., Art Muc. pruriens Lindl., liefert Siliqua hirsuta (s. S. 509); Wisteriae mit der Art Apios tuberosa Moench., die als Ersatz für Kartoffeln empfohlen worden ist; Euphaseoleae mit der Gattung *Phaseolus* Linn. und den Arten: Phas. vulgaris Linn. und Unterarten Phas. vulg. volubilis, Stangenbohne, und Phas. vulg. nanus, Buschbohne, Mutterpflanze von Semen Fabarum (s. S. 540), und Phas. multiflorus Lam., Schminkbohne; Cajaneae und Rhynchosieae, ohne bemerkenswerthe Pflanzen, und Abrineae mit der Art Abrus precatorius Linn., Paternostererbse, dessen Samen zu Rosenkränzen verarbeitet wird.

6. Zunft. Dalbergieae mit den Gattungen: *Drepanocarpus* Mey., Art Drep. senegalensis Nees, liefert das ächte Kino (s. S. 658); *Pterocarpus* Dec. mit den Arten Pteroc. Draco Linn., Mutterpflanze vom Amerikanischen Drachenblut (s. S. 625) und Pteroc. santalinus Linn. fil., liefert Lignum Santali rubrum (s. S. 343); *Andira* Lam. und den Arten: And. retusa Kunth., Mutterpflanze von Cortex Geoffroyae jamaicensis (s. S. 289), und And. inermis Kunth., liefert Cortex Geoffroyae surinamensis (s. S. 290), und *Dipterix*, Art Dipt. odorata Willd., liefert Fabae de Tonco (s. S. 566).

7. Zunft. Sophoreae mit den Gattungen: *Myriospermum* Jacq. und den Arten: Myriosp. peruiferum Dec., Mutterpflanze vom Perubalsam (s. S. 598), und Myriosp. toluiferum Spreng., Mutterpflanze von Tolubalsam (s. S. 601), und *Bodwichia*, Art Bodw. virgilioides Humb. et Bonpl., welche als die Mutterpflanze von Cortex Alcornoco (s. S. 272) betrachtet wird.

Fam. Caesalpineae RBr.

Krone nicht schmetterlingsblüthig, symmetrisch, zuweilen fehlend; Staubblätter 10 oder weniger, frei oder zuweilen verwachsen; Keim gerade; Blätter unpaarig, zuweilen doppelt und dreifach gefiedert, nicht selten einfach. Kräuter, Sträucher oder Bäume.

Diese den Papilionaceen sehr verwandte Familie hat ihre Repräsentanten vorzugsweise im tropischen Amerika und Asien, nur wenige in der wärmeren gemäßigten Zone Amerika's, nur einen in den wärmeren Theilen Europa's. In den Bestandtheilen stimmen sie mit den Papilionaceen sehr überein.

Gatt. *Guilandina*, Art Guil. echinata Spreng., liefert das Fernambukholz (s. S. 338).

Gatt. *Caesalpinia* mit den Arten: Caesalpin. brasiliensis Linn., liefert das Brasilettholz, Caesalpin. Sappan Linn. das Sappanholz und Caesalpinia coriaria Willd. die Früchte als Siliqua Libidibi (s. S. 509).

Gatt. *Haematoxylon* Linn., Art Haemat. campechianum Linn., Mutterpflanze vom Campecheholz (s. S. 337).

Gatt. *Tamarindus* Linn., Art Tamarind. indica Linn., Mutterpflanze von Fructus Tamarindorum (s. S. 502).

Gatt. *Cassia* Linn., mit den Arten: Cass. Fistula Linn., liefert Fructus Cassiae Fistulae (s. S. 495), Cass. obovata Collad., Cass. Schimperi Steud., Cass. lenitiva Bisch., Cass. medicinalis Bisch u. A., Mutterpflanzen von Folia Sennae (s. S. 355).

Gatt. *Aloexylon*, Art Aloex. Agallochum Lour., Mutterpflanze vom ächten Aloëholz (s. S. 337).

Gatt. *Hymenaea* Hayne, mit den Arten: Hym. Courbarill Linn., Hym. verrucosa Linn., Hym. Candeollana Hayne und verschiedene andere Arten dieser Gattung sind Mutterpflanzen des Brasilianischen Kopals (s. S. 611).

Gatt. *Copaifera* Linn. mit den Arten: Copaif. Jacquini Desfont., Cop. bijuga Willd., Cop. multijuga Hayne, Cop. coriacea Mart., so wie überhaupt alle Arten dieser Gattung, liefern den Copaivbalsam (s. S. 591).

Gatt. *Ceratonia* Linn., Art Cerat. Siliqua Linn., liefert die Früchte als sog. Johannisbrod (s. S. 508).

Fam. Mimoseae RBr.

Staubblätter fünf bis viele, oft mit Nebenstaubfäden; Krone regelmäßig; Keim gerade; Kelch klappig, seltner dachig. Bäume oder Sträucher, seltner Stauden.

Die Mimoseen sind zwischen den Wendekreisen und in den in deren Nähe gelegenen Ländern, in der größten Menge aber in Neuholland einheimisch. Sie zeichnen sich durch den großen Gehalt an Gummi und Gerbstoff in der Rinde aus.

Die Familie zerfällt in zwei Zünfte, nemlich in Parkieae, ohne bemerkenswerthe Pflanzen, und Acacieae mit der Gatt. *Acacia* Willd. in vielen Arten, namentlich Acac. vera, gummifera und arabica Willd., Acac. Seyae und nilotica Del., Acac. tortilis Forsk. und viele Andere, welche Arabisches Gummi (s. S. 585) liefern, Acac Verek G. et P. und Acac. Senegae, Mutterpflanzen des Senegalgummis (s. S. 586), Acac. Catechu Willd., Mutterpflanze des Bombay-Katechu's (s. S. 649), Acac. Bambolah Roxb., dessen gerbstoffhaltige Früchte als Bablah technisch verwendet werden, und Acac. Jurema Mart., so wie mehrere Bäume aus der Gattung Inga, deren Rinde als Cortex adstringens brasiliensis, Cortex Barbatimao, Cortex Jurema (s. S. 271, 279 u. 295) in den Handel kommt.

Hierher gehören noch die beiden Familien Connavaceae RBr. und Swartzieae Dec. ohne bemerkenswerthe Pflanzen.

Fünfundvierzigste Familiengruppe.

§. 292. Fam. Rosaceae Juss.

Scheibe groß, frei, nicht mit dem Fruchtknoten verwachsen. Kräuter, Stauden, Sträucher oder Bäume.

Die Rosaceen sind meist in der nördlichen gemäßigten und kalten, wenige in der südlichen gemäßigten Zone und auf hohen Bergen unter den Tropen einheimisch. Die Wurzelstöcke und Rinde sind meist reich an Gerbstoff, die Beerenfrüchte eßbar; wenige enthalten etwas ätherisches Oel.

Die Familie umfaßt mehrere Zünfte, von welchen zu nennen sind:

1. Zunft. Spiraeaceae mit der Gatt. *Spiraea* Linn. und den Arten: Spir. Aruncus Linn., lieferte früher Radix, Herba und Flores Barbae caprae, Spir. Ulmaria Linn., früher ebenfalls Radix, Herba und Flores Ulmariae gebräuchlich, und Spiraea Filipendula Linn., Mutterpflanze von Radix filipendulae (s. S. 210), so wie den obsoleten **Flores** und **Herba Filipendulae**.

2. Zunft. Dryadeae mit vielen Gattungen, nemlich:

Gatt. *Rubus* Linn. mit den Arten: Rub. Idaeus Linn., Mutterpflanze von Baccae Rubi Idaei (s. S. 487), und Rub. fruticosus Linn., liefert Baccae Rubi vulgaris (s. S. 488).

Gatt. *Fragaria* Ehrh., mit den Arten: Frag. vesca Linn., Wald-Erdbeere, Frag. elatior Ehrh., Garten-Erdbeere, Frag. collina Ehrh., Knackbeere, Frag. grandiflora Ehrh., Ananas-Erdbeere, Frag. chilensis Ehrh., Chili-Erdbeere, und Frag. virginiana Ehrh., Himbeer-Erdbeere; vorzüglich von ersterer Art sollen Radix und Baccae Fragariae (s. S. 211 u. 483) gesammelt werden.

Gatt. *Potentilla* Nestl. mit den Arten: Pot. reptans Linn., Mutterpflanze der obsoleten Herba Pentaphylli, und Pot. Tormentilla Sibth., liefert Radix Tormentillae (s. S. 263).

Gatt. *Agrimonia* Linn., Art Agrim. Eupatoria Linn., Mutterpflanze von Herba Agrimoniae (s. S. 369).

Gatt. *Alchemilla* Linn. mit den Arten: Alch. vulgaris Linn. und alpina Linn., erstere Herba Alchemillae (s. S. 370), letzteres ein gutes Weidekraut gebend.

Gatt. *Sanguisorba* Linn. mit der Art Sanguis. officinalis Linn., Mutterpflanze der früher gebräuchlichen Radix Pimpinellae italicae majoris.

Gatt. *Poterium* Linn. mit der Art Pot. Sanguisorba Linn., liefert Herba Pimpinellae hortensis, jetzt obsolet.

Gatt. *Geum* Linn. mit den Arten: Geum urbanum Linn., Mutterpflanze von Radix Caryophyllatae (s. S. 193), und Geum rivale Linn., liefert Radix Caryophyllatae aquaticae, jetzt obsolet.

3. Zunft. Roseae mit der Gatt. *Rosa* Linn., die Stämme *Pimpinellifoliae*, *Cinnamomeae*, *Caninae* und *Nobiles* umfassend, mit den Arten: Rosa canina Linn., Mutterpflanze von Fructus und Semen Cynosbati (s. S. 496 und 538) und durch Insektenstiche den Fungus Cynosbati (s. S. 569) gebend; Rosa gallica Linn., liefert Flores Rosarum rubrarum (s. S. 474), Rosa centifolia Linn. hingegen Flores Rosarum centifoliarum (s. a. a. O.) und Rosa damascena Mill., Rosa sempervirens Linn., und namentlich Rosa moschata Ait. das Rosenöl (s. S. 731).

Die zwischen dieser und der folgenden Familie stehenden Neuradeae enthalten keine bemerkenswerthen Pflanzen.

Fam. Pomaceae Lindl.

Scheibe krugförmig, mit den eingeschlossenen Fruchtknoten verwachsen; Fruchtknoten fünf, einwirtelig; Scheinfrucht eine aus der fleischigen Scheibe und dem verhärteten Fruchtknoten gebildete Steinbeere. Sträucher oder Bäume.

Die Pomaceen sind meist in der nördlichen gemäßigten Zone und nur wenige in der heißen Zone diesseits des Aequators einheimisch. Die Apfelsäure, Schleim und Zucker mit einer geringen Menge von Aroma enthal-

tenden Früchte sind durch Kultur eine angenehme Speise; bei vielen sind die Samen in Schleim eingebettet.

Gatt. *Cydonia* Tournef. mit der Art Cydon. vulgaris Per., Mutterpflanze von Fructus und Semen Cydoniae (s. S. 538).

Gatt. *Pyrus* Linn. mit den beiden Stämmen *Pyrus* und *Malus* und den Arten: Pyr. communis Linn., Wilder Birnbaum, dessen Früchte als Fructus Pyri sylvestris noch jetzt Volksmittel sind, und Pyrus Malus Linn., dessen Spielarten mit säuerlichen Früchten als Poma acidula (s. S. 505) in den Officinen verwendet werden.

Gatt. *Mespilus* Linn., Art Mespilus germanica Linn., lieferte sonst Fructus und Semen Mespili in den Arzneischatz.

Gatt. *Sorbus* Linn. mit den Arten: Sorb. aucuparia Linn., sonst die an Aepfelsäure reichen Früchte, Baccae Sorbi aucupariae, ebenso Sorb. domestica Linn. Baccae Sorbi domesticae, und Sorb. Aria Crantz. Baccae Sorbi alpini.

Fam. Granateae Endl.

Scheibe mit dem Fruchtknoten verwachsen; Fruchtknoten 8, zweiwirtelig (zu 5 und 3). Kleine Bäume.

Die Granateen, die nur aus einer einzigen Gattung bestehen, scheinen im nördlichen Afrika einheimisch zu sein und finden sich jetzt in allen wärmeren Ländern. Die Beeren sind von angenehmem Geschmack, die Rinde und Fruchtschale reich an Gerbstoff.

Gatt. *Punica* Linn., Art Punica Granatum Linn., liefert Radix und Flores Granati und Cortex Pomi Granati (s. S. 216, 292 u. 468).

Sechsundvierzigste Familiengruppe.

§. 293. Fam. Crassulaceae Dec.

Fruchtknoten sehr wenig bis halb unterständig; Samenträger im inneren Winkel der Fächer oder scheidenwandständig; Keim gerade; Blätter dickfleischig. Kräuter, Stauden oder Sträucher.

Die Crassulaceen sind in den wärmeren Ländern der gemäßigten Zone einheimisch; sie enthalten einen wässerigen, Aepfelsäure an Basen gebunden, zum Theil auch im freien Zustand enthaltenden Saft, selten einen scharfen flüchtigen Stoff.

Die Familie umfaßt zwei Zünfte, nemlich Isostemones, welche keine bemerkenswerthe Pflanzen enthält, und Diplostemones, mit den Gattungen *Sedum* Linn. und *Sempervivum* Linn., welche beide in mehrere Stämme zerfallen, mit den Arten: Sedum acre Linn., Mutterpflanze von Herbae Sedi minoris acris (s. S. 445) und Semperviv. tectorum Linn., liefert Herba Sedi majoris (s. S. 444).

Fam. Mesembryanthemeae Fenzl.

Fruchtknoten halb unterständig; Samenträger auf der äußeren Fruchtknotenwand (bodenständig); Keim gekrümmt; Blätter dick-fleischig. Sträucher, seltner Kräuter.

Die Mesembryanthemeen enthalten eine einzige Gattung aus vielen Arten, die größtentheils am Kap einheimisch sind und schwach salzige Säfte enthalten.

Gatt. *Mesembryanthemum* Linn., Art Mes. crystallinum Linn., liefert Herba Mesembryanthemi (s. S. 426).

Siebenundvierzigste Familiengruppe.

§. 294. Fam. Saxifrageae Vent.

Fruchtknoten meist halb bis ganz unterständig; Samenträger wandständig, zuweilen in der Mitte zusammenstoßend und gewöhnlich auf der Grenze zwischen dem unter- und oberständigen Theil des Fruchtknotens Samen tragend; Eiweiß reichlich; Keim gerade; Blätter saftig, dünn. Kräuter, Stauden, Sträucher oder Bäume.

Die Saxifrageen finden sich zum Theil bis zu den äußersten Grenzen der Vegetation auf den Alpen und an den Polen, zum Theil sind sie nur auf der südlichen Halbkugel einheimisch. Die Säfte sind schwach säuerlich und die Rinden enthalten Gerbstoff.

Gatt. *Saxifraga* Linn., Art Saxifr. granulata Linn.; früherhin waren Herba Saxifragae und die Wurzelknöllchen als Semen Saxifragae officinell.

Die Familien Hamamelideae RBr. und Brunoniaceae RBr. enthalten keine officinellen Pflanzen.

Achtundvierzigste Familiengruppe.

§. 295. Fam. Myrtaceae RBr.

Blätter einnervig; Kronenblätter frei oder fehlschlagend; Staubbeutel normal. Bäume oder Sträucher, sehr selten krautartig.

Die Myrtaceen sind besonders im tropischen Amerika und Neuholland, weniger im tropischen Asien und Afrika einheimisch; sehr selten im südlichen Europa und gemäßigten Amerika. Sie sind in den Früchten, Blättern und Rinden reich an ätherischem Oel, in letzteren auch an Gerbstoff, wodurch ihre Anwendung bedingt wird; die süßlich-säuerlichen Früchte einiger Arten bilden eine angenehme Speise.

Die Familie zerfällt in mehrere Zünfte:

1. Zunft. Chamaelaucieae, ohne officinelle Pflanzen.

2. Zunft. Leptospermeae, mit den Gattungen: *Melaleuca* Linn. und *Eucalyptus* L'Herit. und den Arten: Melal. Cajuputi Roxb., liefert das Cajeputöl (s. S. 718), und Eucal. resinifera Smith, Mutterpflanze vom Neuholländ. Kino (s. S. 659).

3. Zunft. Myrteae, mit den Gattungen: *Syzygium* Gaertn., *Caryophyllus* Linn. und *Eugenia* Dec. und den Arten: Syzygium caryophyllatum Gaertn., liefert Cortex Cassiae caryophyllatae (s. S. 282), Caryophyll. aromaticus Linn., Mutterpflanze von Caryophylli und Antophylli (s. S. 455 und 481), und Eugenia Pimenta Dec., liefert Semen Amonii (s. S. 513). Die Früchte anderer Arten

von Eugenia, so wie auch der Gattungen *Psidium* und *Jambosa* sind genießbar.

4. Zunft. Barringtonieae, und 5. Zunft Lecythideae, ohne officinelle Pflanze; aus letzterer Zunft sind zu bemerken die Gatt. *Lecythis*, da die holzigen Deckelfrüchte der Arten in Brasilien als Gefäße dienen, und Bertholetia excelsa Humb. & Bonpl., deren dreikantige Samen als Brasilianische Wallnüsse oder Para-Nüsse vorkommen.

Die Familie Melastomeae ist ohne officinelle Pflanzen.

Fam. Vaccineae Dec.

Blätter einnervig; Kronenblätter verwachsen; Staubbeutelkammern meist gespornt. Sträucher.

Diese kleine Familie, welche den Myrtaceen und Ericaceen nahe steht, ist vorzugsweise auf der nördlichen Halbkugel einheimisch. Die Pflanzen sind reich an Gerbstoff und ihre meist genießbaren, aus einer Beere oder Steinbeere bestehenden Früchte enthalten viel freie Säuren.

Gatt. *Vaccinium* Roth. mit den Arten: Vacc. Myrtillus Linn., liefert Baccae Myrtileorum (s. S. 486), und Vacc. Vitis Idaea Linn., Mutterpflanze von Baccae Vitis Idaeae (s. S. 489).

Neunundvierzigste Familiengruppe.

§. 296. Fam. Onagreae Spach.

Kelch und Krone 2 — 4blättrig; Krone abfällig; Staubblätter in gleicher oder doppelter Anzahl; Samenträger wandständig, in der Mitte zusammenstoßend; Pollenkörner dreieckig; Samen eiweißlos. Kräuter, Stauden oder Sträucher.

Diese Familie ist auf der ganzen Erde verbreitet, insbesondere aber in den gemäßigten Zonen der nördlichen Halbkugel einheimisch. Die Pflanzen haben keine auffallende Eigenschaften und sind daher jetzt außer medicinischer Verwendung. Die Gatt. Oenothera Linn., Art Oenoth. biennis Linn. ist bemerkenswerth wegen ihrer unter dem Namen Rapontika bekannten Wurzel, die cultivirt und zum Salat benutzt wird.

Fam. Grossularieae Dec.

Kelch und Krone 4—5blättrig; Krone anwelkend; Staubblätter in gleicher Anzahl; Samenträger wandständig, wenig vorragend; Pollen rundlich; Samen mit fleischigem Inneneiweiß. Sträucher mit oder ohne Dornen.

Die Grossularieen sind fast sämmtlich in der nördlichen gemäßigten Zone, wenige auf den Gebirgen bis zur Südspitze Amerika's, einige auf den Gebirgen des nördlichen Indiens einheimisch. Die krautartigen Theile der meisten Pflanzen dieser Familie sind harzig-balsamisch, dagegen die Früchte reich an Zucker, Gummi, Aepfelsäure und Citronensäure und deßhalb fast durchgehends genießbar.

Gatt. *Ribes* Linn. mit den Stämmen Stachelbeere und Johannisbeere und den Arten Ribes grossularia Linn., Stachelbeere, die in vielen Spielarten kultivirt wird, Ribes nigrum Linn., liefert Baccae Ribis nigri (s. S. 487) sonst auch Folia und Stipites Ribis nigri (s. S. 344), und Ribes rubrum Linn., ebenfalls in vielen Spielarten kultivirt, liefert Baccae Ribis rubri (s. S. 487).

Die Familie Cacteae Dec. ist eigentlich nur eine eigenthümliche Form der Grossularieen. Die Blätter sind verkümmert oder fehlschlagend, die Blüthen denen der Grossularieen ähnlich und entwickeln sich durch Vermehrung der Zahl der Glieder in Kelch, Krone und Staubblätter und durch Vergrößerung der oberständigen Scheibe bis zu einer außerordentlichen Pracht. Die Früchte sind große Stachelbeeren, bei manchen Arten bis zur Größe eines Apfels, und nur wegen der sie bedeckenden Stacheln oft dem Gaumen nicht angenehm; sie verursachen eine Purpurfärbung des Urins. Die Gatt. *Opuntia* ist der Aufenthaltsort von Coccus Cacti oder Cochenille (s. S. 744), welche in ihrem Inneren die prächtige Purpurfarbe bereitet.

Fam. Cucurbitaceae Juss.

Kelch und Krone 5blättrig; Fruchtknoten einfächerig; Samenträger wandständig, 1- oder 3—5knospig und dann in der Mitte zusammenstoßend, hier gespalten und bis zur Außenwand zurückgeschlagen; Pollenkörner kugelig, mit großen bedeckelten Löchern. Samen eiweißlos. Kräuter oder Stauden, letztere mit knollig fleischigen Mittelstöcken.

Die Mehrzahl der Cucurbitaceen ist zwischen den Wendekreisen einheimisch; etwa $\frac{1}{4}$ gehört den beiden gemäßigten Zonen an und nur sehr wenige finden sich ursprünglich in Europa. Ein bitterer, harziger, purgirender und brechenerregender Stoff findet sich in den meisten Pflanzen bald in den Wurzeln, bald in den Früchten und wird bei letzteren durch den Gehalt an Zucker und Gummi oft nicht durch den Gaumen wahrgenommen; die Samen enthalten mildes Fett, bei einigen Arten auch einen drastischen Butterstoff.

Die Cucurbaticeen zerfallen in zwei Zünfte, nemlich in Telfairieae, welche keine officinellen Pflanzen enthalten, und in Cucurbiteae mit mehreren Gattungen.

Gatt. *Bryonia* Linn. mit den Arten Bryon. alba Linn. und Bryon. divica Jacq., Mutterpflanzen von Radix Bryoniae (s. S. 188).

Gatt. *Ecbalium* L. C. Rich. mit der Art Ecbal. officinarum Rich., liefert Fructus Elaterii (s. S. 496).

Gatt. *Citrullus* Schrad. mit den Arten Citrull. Colocynthis Schrad., Mutterpflanze von Fructus Colocynthidis (s. S. 507), und Citrull. vulgaris Schrad., Wassermelone, in vielen Spielarten kultivirt.

Gatt. *Cucumis* Schrad. mit den Arten Cucum. sativus Linn., in mehreren Spielarten kultivirt, liefert Semen Cucumeris (s. S. 536) und Cucum. Melo Linn., Mutterpflanze von Semen Melonum (s. S. 548).

Gatt. *Cucurbita* auct. rec. mit den Arten Cucurb. Pepo Linn.

und Cucurb. Melopepo Linn., beide in verschiedenen Spielarten kultivirt, liefern Semen Cucurbitae (s. S. 537).

Gatt. *Lagenaria* Seringe, Art Lagen. communis Ser., Flaschenkürbis, dessen harte äußere Fruchtschale zu Gefäßen benutzt wird.

Die auch hierher gehörenden Familien sind: Begoniaceae R. Br., gegenwärtig sehr beliebte Zierpflanzen, und Loaseae Juss., deren Pflanzen sich meist durch empfindlich brennende Haare auszeichnen. Beide Familien enthalten keine officinellen Pflanzen.

Funfzigste Familiengruppe.

§. 297. Fam. Cornaceae Lindl.

Kronen vierblättrig; Frucht eine Steinbeere mit beinharten Steinen. Sträucher oder Bäume, seltner Stauden.

Die Cornaceen sind meist in den gemäßigten und kälteren Erdstrichen der nördlichen Halbkugel, wenige auch im tropischen Amerika einheimisch. Die Rinden sind bitter adstringirend, die Früchte meist eßbar. Nur zu erwähnen ist die Gatt. *Cornus*, Art Corn. mascula Linn., Kornelkirsche, mit eßbaren Früchten; die Aeste werden wegen ihres feinen harten Holzes zu Stöcken (sog. Ziegenhainer) verwendet.

Fam. Araliaceae Juss.

Krone 5-, 10- bis vielblättrig; Frucht eine Steinfrucht mit pergamentartigen Steinen. Sträucher und Bäume, selten Kräuter.

Die Araliaceen sind theils unter den Tropen, theils in der nördlichen gemäßigten Zone, zum geringen Theil auch gegen den Pol hin einheimisch. Sie enthalten theils harzige Säfte, theils adstringirend bittere Stoffe.

Gatt. *Hedera* Swartz, Art Hedera Helix Linn., Mutterpflanze von folia und Resina Hederae (s. S. 349 und 616).

Gatt. *Panax*, Art Pan. Ginseng Nees, liefert Radix Ginseng (s. S. 215).

Fam. Umbelliferae Juss.

Krone fünfblättrig; Frucht eine Spaltfrucht oder, selten, zweifächerige Schließfrucht. Kräuter, Stauden, seltner Sträucher.

Die Umbelliferen oder Doldenträger finden sich in der größten Menge in der gemäßigten und kälteren Zone der nördlichen Halbkugel und vorzugsweise am mittelländischen Meer und im mittleren Asien, nur wenige unter den Tropen auf höheren Bergen und auf der südlichen Halbkugel. Die Pflanzen enthalten stets ätherisches Oel theils in den Oelgängen der Früchte, theils mit Harz in den Wurzeln; einzelne entwickeln narkotisch scharfe Stoffe, die zuweilen im Kraut und in den Samen als giftige Alkaloide auftreten.

Diese große Familie zerfällt nach der Form des Samens und des Eiweißkörpers in drei Abtheilungen mit vielen Zünften.

Erste Abtheilung: Orthospermeae. Geradsamige.

Eiweißkörper auf der inneren Seite schwach gewölbt, flach, oder schwach gebogen.

1. Zunft. Hydrocotyleae, bemerkenswerth wegen Hydrocotyle vulgaris Linn., sonst die ganze Pflanze als Herba Cotyledonis aquaticae officinell.

2. Zunft. Mulineae, ohne officinelle Pflanzen.

3. Zunft. Saniculeae, mit den Gattungen *Sanicula* Tourn., *Astrantia* Tourn. und *Eryngium* Tourn. und den Arten Sanicula europaea Linn., liefert Herba Saniculae (s. S. 442), Astrant. major Linn., Mutterpflanze der obsoleten Radix Imperatoris nigri, und Eryng. campestre Linn., liefert Radix Eringii (s. S. 208).

4. Zunft. Ammineae mit verschiedenen Gattungen und Arten.

Gatt. *Cicuta* Linn., Art Cicut. virosa Linn., Mutterpflanze von Herba Cicutae aquaticae (s. S. 391).

Gatt. *Apium* Hoffm., Art Apium graveolens, Selleri, in vielen Spielarten kultivirt, liefert Radix und Semen Apii (s. S. 177 und 519).

Gatt. *Petroselinum* Hoffm., Art Petroselinum sativum Hoffm., in vielen Spielarten kultivirt, Mutterpflanze von Radix, Herba und Semen Petroselini (s. S. 236, 434 und 553).

Gatt. *Sison* Linn., Art Sis. Amomum Linn., Mutterpflanze von Semen Amomi vulgaris, jetzt obsolet.

Gatt. *Ammi* Tournef., Art Ammi majus Linn., Mutterpflanze von Semen Ammeos (s. S. 513).

Gatt. *Carum* Koch., Art Car. Carvi Linn., liefert Semen Carvi (s. S. 527), Car. bulbocastanum Koch., mit eßbarem Mittelstock.

Gatt. *Aegopodium* Linn., Art Aegop. podagraria Linn., lieferte sonst Herba podagrariae.

Gatt. *Pimpinella* Linn., die Stämme *Pimpinella* und *Anisum* umfassend, mit den Arten Pimp. magna Linn., lieferte sonst Radix Pimpinellae majoris, welche oft noch als Verwechslung der folgenden vorkommt, Pimp. Saxifraga Linn., Mutterpflanze von Radix Pimpinellae minoris (s. S. 237), Pimp. nigra Willd., lieferte sonst Radix Pimpinellae nigrae, die als Verwechslung der vorigen vorkommt, und Pimp. Anisum Linn., Mutterpflanze von Semen Anisi (s. S. 518).

Gatt. *Sium* Koch, mit den Arten Sium Sisarum Linn., als Zuckerwurzel kultivirt, und Sium Ninsi Thunb., liefert Radix Ninsi (s. S. 233).

5. Zunft. Seselineae mit mehreren Gattungen und Arten.

Gatt. *Oenanthe* Lam., Art Oenanthe Phellandrium Lam., Mutterpflanze von Semen Phellandrii (s. S. 553).

Gatt. *Aethusa* Linn., Art Aeth. Cynapium Linn., oft mit Petersilien verwechselt, giftig, liefert Herba Cicutae minoris (s. S. 392).

Gatt. *Foeniculum* Hoffm. mit den Arten Foenic. vulgare Gaertn., Mutterpflanze von Radix und Semen Foeniculi vulgaris (s. S. 211 und 541), und Foenic. dulce Dec., liefert Semen Foeniculi cretici (s. S. 541).

Gatt. *Meum* Tourn. mit den Arten Meum athamanticum Jacq.,

Mutterpflanze von Radix Mei (s. S. 232), und Meum mutellina Gaertn., ein sehr geschätztes Weidekraut der Alpen.

6. Zunft. Pachypleureae, noch zweifelhaft; ohne officinelle Pflanzen.

7. Zunft. Angeliceae mit den Gattungen *Levisticum* Koch, *Archangelica* Hoffm. und *Angelica* Hoffm. und den Arten Levist. officinale Koch, Mutterpflanze von Radix Levistici (s. S. 228), Archang. officinalis Hoffm., Mutterpflanze von Radix Angelicae (s. S. 176), und Angel. sylvestris Linn., lieferte sonst Radix Angelicae sylvestris, welche jetzt als Verwechslung der vorigen vorkommen soll.

8. Zunft. Peucedaneae mit verschiedenen Gattungen und Arten.

Gatt. *Opoponax*, Art Opop. Chironium Koch, Mutterpflanze von Gummi-Resina Opoponax (s. S. 641).

Gatt. *Ferula* Koch, mit den Arten Ferula Asa foetida Linn., liefert Asa foetida (s. S. 631), Fer. persica Willd. und Fer. Szowetziana Dec., welche Beide als Mutterpflanzen des Sagapens (s. S. 642) aufgeführt werden.

Gatt. *Dorema* Don. mit der Art Dor. Ammoniacum Don., Mutterpflanze von Gummi-Resina Ammoniacana (s. S. 628).

Gatt. *Peucedanum* Koch mit den Arten Peuced. Ostruthium Koch, Mutterpflanze von Radix Imperatoriae (s. S. 223), Peuced. officinale Linn., liefert Radix Peucedani (s. S. 236) und Peuced. Oreoselinum Moench., Mutterpflanze der obsoleten Radix Apii montani.

Gatt. *Anethum* Hoffm., Art Aneth. graveolens Linn., Mutterpflanze von Semen Anethi (s. S. 517).

Gatt. *Pastinaca* Tournef., Art Past. sativa Linn., wird als Pastinakwurzel kultivirt, lieferte sonst Radix Pastinacae.

Gatt. *Heracleum* Linn., Art Heracl. Sphondylium Linn., Mutterpflanze von Herba Brancae ursinae (s. S. 380).

9. Zunft. Silerineae mit der Gatt. *Galbanum* Don., Art Galb. officinale Don., gilt als Mutterpflanze von Gummi-Resina Galbanum (s. S. 634).

10. Zunft. Cumineae mit den Gattungen *Cuminum* Linn. und *Ptychotis* Dec. und den Arten Cum. Cyminum Linn., liefert Semen Cumini (s. S. 534), Ptych. coptica Dec. und Ptych. Ajowan Dec., Mutterpflanzen von Semen Ammeos cretici und Semen Ajowan (s. S. 513).

11. Zunft. Thapsieae mit der Gatt. *Laserpitium* Tournef., Art Laserp. latifolium Linn., Mutterpflanze von Radix Gentianae albae (s. S. 213).

12. Zunft. Daucineae mit der Gatt. *Daucus* Linn., Art Dauc. Carota Linn.; die angebaute Spielart liefert Radix Dauci (s. S. 206).

Zweite Abtheilung: Campylospermeae. Krummsamige.

Eiweißkörper auf der inneren Seite tief gefurcht oder von den Rändern her eingerollt.

13. Zunft. Elaeoselineae mit den Gattungen *Elaeoselinum* Koch und *Margotia* Boiss., ohne officinelle Arten.

14. Zunft. Caucalineae mit den Gattungen *Caucalis* Linn., *Turgenia* Hoffm. und *Torilis* Ad., ohne officinelle Arten.

15. Zunft. Scandicineae mit den Gatt. *Anthriscus* Hoffm., Arten Anthr. sylvestris Hoffm., Mutterpflanze von Herba Chaerophylli sylvestris (s. S. 387), und Anthr. Cerefolium Hoffm., liefert Herba Cerefolii (s. a. a. O.). Hierher gehören auch die Gattungen *Scandix* Gaertn. und *Chaerophyllum* Hoffm., dessen verschiedene Arten oft statt Schierlingskraut gesammelt werden.

16. Zunft. Smyrneae mit der Gattung *Conium* Linn., Art Con. maculatum Linn., liefert Herba Cicutae (s. S. 390). Gatt. *Opoidia* Lindl., Art Op. galbanifera Lindl., wird von Lindley als Mutterpflanze des Galbans angeführt, liefert aber wahrscheinlich nur das sog. Persische Galban (s. S. 635).

Dritte Abtheilung: Coelospermeae. Hohlsamige.

Eiweißkörper hohl kugelig.

17. Zunft. Coriandreae mit der Gatt. *Coriandrum* Hoffm., Art Cor. sativum Linn., liefert Semen Coriandri (s S. 536).

Einundfünfzigste Familiengruppe.

§. 298. Caprifoliaceae Rich.

Blätter ohne Nebenblätter. Stauden oder Sträucher, zuweilen Schlingpflanzen, mit deutlichen Stengelgliedern.

Die Caprifoliaceen sind meist in den gemäßigten und kälteren Zonen der nördlichen Halbkugel, nur wenige auf den Gebirgen der heißen Zone und noch weniger in Südamerika und Neuholland einheimisch. Sie zeichnen sich theils durch brechenerregende, theils durch schweißtreibende Eigenschaften aus.

Die Familie zerfällt in zwei Zünfte.

1. Zunft. Lonicereae mit der Gatt. *Lonicera* Desf. und der Art Lonic. Caprifolium Linn., lieferte sonst Stipites, Folia, Flores und Baccae Caprifolii italici. Gatt. *Diervilla* Tournef., Art Dierv. canadensis Willd., von der zuweilen Stipites Diervillae aus Nordamerika zu uns kommen.

2. Zunft. Sambuceae mit der Gatt. *Sambucus* Linn. und den Arten Samb. nigra Linn., mit 5 Spielarten, Mutterpflanze von Cortex, Flores und Baccae Sambuci (s. S. 302, 475 und 488), und Samb. Ebulus Linn., liefert Baccae Ebuli (s. S. 483).

Fam. Stellatae Lindl.

Blätter mit Nebenblättern; Fruchtknotenfächer 1 — 2knospig. Kräuter, Stauden oder Sträucher, seltner Bäume.

Die Stellaten sind zwar über der ganzen Erde verbreitet, jedoch haben die einzelnen Gruppen einen sehr bestimmten Verbreitungsbezirk. Die Wurzeln der meisten sind stark brechenerregend, die Rinden adstringirend

und bitter. Der Eiweißkörper enthält meist eigenthümliche stickstoffhaltige Substanzen. Harzige Farbstoffe finden sich nur in wenigen Wurzeln der hierher gehörenden Pflanzenarten und nur wenige enthalten etwas ätherisches Oel.

Die Familie zerfällt in acht Zünfte, von denen nur drei officinelle Pflanzenarten haben.

Zunft Rubiaceae mit den Gatt. *Rubia* Linn. und *Asperula* Linn. und den Arten Rubia tinctorum Linn., Mutterpflanze von Radix Rubiae tinctorum (s. S. 247), und Asper. odorata Linn., liefert Herba Asperulae (s. S. 405).

Zunft Spermacoceae mit der Gatt. *Richardsonia* Kunth, Art Rich. scabra St. Hil. u. A., Mutterpflanzen von Radix Ipecacuanhae albae farinosae (s. S. 225).

Zunft Psychotrieae, Gatt. *Cephaëlis* Swartz, Art Ceph. Ipecacuanha Willd., Mutterpflanze von Radix Ipecacuanhae annulatae (s. S. 224); Gatt. *Ronabea* Aubl., Art Ron. emetica Rich., liefert Radix Ipecacuanhae striatae (s. S. 225); Gatt. *Coffea* Linn., Arten Coff. arabica Linn. und Coff. mauritiana Lam. liefern den Kaffee (s. S. 532), so wie auch in den Blättern ein Surrogat des Thees; Gatt. *Chiococca* P. Browne, Arten Chioc. anguifuga und densifolia Mart. und andere Arten, werden als die Mutterpflanzen von Radix Caincae (s. S. 189) aufgeführt.

Die übrigen Zünfte dieser Familie sind: Opercularieae, jedoch zweifelhaft, ferner Anthospermeae, Pederieae, Guettardeae und Cordiereae.

Fam. Cinchonaceae Lindl.

Blätter mit Nebenblättern; Fruchtknotenfächer vielknospig. Sträucher oder Bäume.

Die Cinchonaceen sind fast durchgehends in Südamerika, wenige im südlichen Theile von Nordamerika und am Kap einheimisch. Ihre Rinden sind bitter adstringirend und enthalten neben Gerbstoff auch Farbstoffe und zum Theil besondere nicht giftige Alkaloide.

Gatt. *Cinchona* Dec. mit den Arten Cinch. Calisaya Wedd., Cinch. condaminea Lamb., Cinch. scrobiculata Humb. et Bonpl., Cinch. nitida R. et P., Cinch. boliviana Wedd., Cinch. micrantha R. et P., Cinch. pubescens Vahl., Cinch. cordifolia Mutis, Cinch. ovata Fl. P., Cinch. glaudulifera Fl. P. sind die Mutterpflanzen der ächten Chinarinden (s. S. 315—331).

Die Arten der Gattungen *Remijia* Dec., *Cosmibuena* R. et P., Exostemma Rich. und anderer (vergl. S. 312—315) liefern die sog. falschen Chinarinden (s. S. 331—336).

Gatt. *Nauclea* Linn., Art Naucl. Gambir Hunt., Mutterpflanze des Bastard-Catechus oder Gambers (s. S. 650).

Zweiundfünfzigste Familiengruppe.

§. 299. Fam. Campanulaceae Bartl.

Blätter zerstreut; Blumenkrone regelmäßig. Kräuter oder Stauden, selten niedrige Sträucher; meist Milchsaft führend.

Der Milchsaft der Campanulaceen ist meist reich an Schleim und nur selten etwas scharf; sonst zeigen die Pflanzen nichts Eigenthümliches. Die Familie umfaßt zwei Zünfte.

1. Zunft. Wahlenbergieae, meist auf der südlichen Halbkugel einheimisch; bemerkenswerth wegen Wahlenbergia graminifolia Dec., deren Blätter und Blüthen gegen Epilepsie empfohlen werden.

2. Zunft. Campanuleae, nur diesseits des Wendekreises, besonders in der alten Welt, einheimisch, mit den Gattungen *Phyteuma* Linn. und *Convolvulus* Linn. und den Arten Phyt. Scheuchzeri All. und Phyt. spicatum Linn., Rapunzel, letztere wegen der eßbaren fleischigen Wurzel mitunter kultivirt, und Convolv. Rapunculus Linn. und Convolv. Cervicaria Linn., erstere als kleine Rapunzel wegen der fleischigen Wurzel hin und wieder angebaut, letztere, so wie die Blätter von der hierher gehörenden Art Cervicaria glomerata Linn. früher als Folia Cervicariae minoris officinell.

Fam. Lobeliaceae Bartl.

Blätter zerstreut; Krone symmetrisch; Stempelmündung einfach oder zweilappig, von einem Haarkranz umgeben. Kräuter, Stauden oder kleine Sträucher, selten Bäume, meist Milchsaft führend.

Die Lobeliaceen gehören größtentheils der heißen Zone, viele auch der südlichen gemäßigten Zone an, während sich nur wenige in der nördlichen gemäßigten Zone und sehr wenige in den kälteren Gegenden finden. Ihr Milchsaft ist meist sehr scharf und narkotisch und nur bei wenigen kautschoukhaltig.

Gatt. *Lobelia* Endl. mit den Arten Lobel. inflata Linn., Mutterpflanze von Herba Lobeliae (s. S. 413), und Lobel. syphilitica Linn., liefert Radix Lobeliae (s. S. 230).

Die hierher gehörende Familie Goodeniaceae Endl., welche sich von den Lobeliaceen hauptsächlich durch die becherförmig die Stempelmündung umgebende Hülle unterscheidet, hat keine officinellen Pflanzen.

Die 53. Familiengruppe enthält die Familie Stylideae R. Br., welche durch ihren Bau merkwürdig, aber ohne officinelle Arten ist.

Vierundfünfzigste Familiengruppe.

§. 300. Fam. Valerianeae Endl.

Blätter in zweizähligen Wirteln; Krone regelmäßig oder symmetrisch; Fruchtknoten mit einem einsamigen und zwei leeren Fächern. Kräuter oder Stauden.

Die Valerianeen sind besonders in der nördlichen gemäßigten Zone der alten Welt und auf den Gebirgen Südamerikas einheimisch. Sie ent-

halten besonders in den Wurzelstöcken ätherisches Oel, eine eigenthümliche Säure und Bitterstoff.

Gatt. *Valeriana* Tournef. mit den Arten Val. officinalis Linn., in zwei Abarten, liefert Radix Valerianae minoris (s. S. 264), Val. Phu Linn., Mutterpflanze von Radix Phu pontici (s. S. 266), Val. dioica Linn., lieferte sonst Radix Phu minoris, und Val. celtica Linn., liefert Radix Nardi celticae (s. S. 266).

Hierher gehören ferner: Nardostachys Jatamansi Dec., Mutterpflanze von Radix Nardi indici (s. S. 232), und Vallerianella olitoria Poll., Rapünzchen, als Salat vielfach angebaut, lieferte sonst Herba Valerianellae.

Fam. Dipsaceae Juss.

Einfächerige Schließfrucht mit einem hängenden umgekehrten Samen. Kräuter oder Stauden, selten niedrige Sträucher.

Die Dipsaceen sind in den gemäßigten und wärmeren Regionen der alten Welt und am Kap einheimisch. Sie sind mehr oder weniger adstringirend. Zu erwähnen sind: Dipsacus fullonum Linn., ächte Karde, welche vielfach wegen des Gebrauchs bei der Tuchwalkerei angebaut wird, lieferte sonst Radix Dipsaci; Succisa pratensis Moench., Mutterpflanze von Radix Morsus Diaboli (s. S. 232) und Herba Morsus Diaboli, jetzt obsolet, und Scabiosa arvensis Linn., lieferte sonst Herba und Flores Scabiosae.

Fünfundfünfzigste Familiengruppe.

§. 301. Fam. Compositae Vaill.

Einfache unterständige Fruchtknoten mit einer aufrechten umgekehrten Samenknospe. Kräuter oder Stauden, seltner Sträucher oder Bäume.

Die Compositen bilden die größte Familie, denn sie umfaßt etwa 10000 Arten in ohngefähr 850 Gattungen, also $^1/_{10}$ aller Gymnosporen. Die Pflanzen sind auf der ganzen Erde verbreitet, jedoch finden sie sich in den gemäßigten Zonen am häufigsten und vermindern sich sowohl nach den Polen, wie nach dem Aequator hin. Vorherrschende Bestandtheile sind ätherisches Oel und adstringirende Stoffe in den krautartigen Theilen, Inulin in den Mittelstöcken, fettes Oel in den Keimblättern, Kaoutchouk, narkotische und scharfe Stoffe in dem Milchsaft und Farbstoffe in den Blumenkronen.

Die Familie zerfällt in drei Unterfamilien mit 8 Zünften.

1. Unterfamilie. *Tubuliflorae.*

Alle oder doch die Scheibenblumen regelmäßig. Besonders unter den Tropen einheimisch.

1. Zunft. Vernoniaceae, ohne officinelle Pflanzen.

2. Zunft. Eupatoriaceae, mit mehreren Gattungen, nemlich:

Gatt. *Eupatorium* Linn., Art Eupat. cannabinum Linn., Mutterpflanze von Radix und Herba Eupatorii (s. S. 208 und 398).

Gatt. *Mikania,* Art Mik. Guaco Humb. et Bonpl., von welcher Stipites Guaco stammen, in Columbien als ein zuverlässiges Mittel

gegen den Biß giftiger Schlangen und gegen Skorpionstiche im Gebrauch; soll auch gegen den Biß toller Hunde wirken.

Gatt. *Tussilago* Tournef., Art Tussil. Farfara Linn., liefert Radix, Herba und Flores Farfarae (s. S. 209, 399 und 468).

Gatt. *Petasites* Gaertn., mit den Arten Petas. officinalis Moench., Mutterpflanze von Radix und Herba Petasitis (s. S. 235 und 433), und Petas. albus Gaertn., liefert Herba Cacaliae tomentosae, jetzt obsolet.

3. Zunft. Asteroideae, mit verschiedenen Gattungen, nemlich:

Gatt. *Aster* Linn., Art Aster amellus Linn., liefert Herba Asteris attici, jetzt obsolet.

Gatt. *Erigeron* Linn., Art Erig. acris Linn., Mutterpflanze von Herba Conyzae coeruleae, jetzt obsolet.

Gatt. *Solidago* Linn., Art Solid. Virgaurea Linn., liefert Herba Virgae aureae (s. S. 393).

Gatt. *Inula* Dec. mit den Arten Inula Helenium Linn., Mutterpflanze von Radix Enulae (s. S. 207), Inula germanica Linn., liefert Herba Enulae germanicae, jetzt obsolet, Inula Conyza Dec., liefert Herba Conyzae majoris (s. S. 394), und Inula dysenterica Linn., Mutterpflanze von Herba Conyzae spuriae (s. a. a. O.).

Gatt. *Dahlia* Cav. mit verschiedenen Arten und Spielarten, bei uns als Zierpflanze, Georgine, kultivirt.

4. Zunft. Senecionideae, mit verschiedenen Gattungen, nemlich:

Gatt. *Anacyclus* Dec. mit den Arten Anacycl. officinarum Hayn. und Anacycl. Pyrethrum Dec., erstere die Mutterpflanze von Radix Pyrethri germanici, letztere die von Radix Pyrethri romani (s. S. 240).

Gatt. *Achillea* Linn. mit den Stämmen *Ptarmica* und *Millefolium*, und Arten Achill. Ptarmica Linn., Mutterpflanze von Herba Ptarmicae, jetzt fast ganz außer Gebrauch, und Achill. Millefolium Linn., liefert Herba und Flores Millefolii (s. S. 427 und 471).

Gatt. *Matricaria* Dec., Art Matric. Chamomilla Linn., Mutterpflanze von Flores Chamomillae vulgaris (s. S. 465).

Gatt. *Chrysanthemum* Koch, Art Chrys. Parthenium Pers., liefert Herba Matricariae (s. S. 418).

Gatt. *Anthemis* Koch, Art Anth. nobilis Linn., Mutterpflanze von Flores Chamomillae romanae (s. S. 466).

Gatt. *Artemisia* Linn. mit den Stämmen *Absinthium, Abrotanum* und *Seriphidium,* und den Arten Artem. Absinthium Linn., liefert Herba Absinthii (s. S. 365), Artem. Abrotanum Linn., Mutterpflanze von Herba Abrotani (s. a. a. O.), Artem Dracunculus Linn., liefert Herba Dracunculi (s. S. 397), Artem. vulgaris Linn., Mutterpflanze von Radix und Herba Artemisiae (s. S. 182 und 373), Artem. vahliana Kostel. und Artem. pauciflora Stechm., Mutterpflanzen von Semen Cinae levanticum (s. S. 457), Artemis. Sieberi Bess. und Artem. Lercheana Stechm., Mutterpflanzen von Semen Cinae barbaricum (s. S. 458), und Artem. inculta Delill., liefert Semen Cinae indicum (s. a. a. O.).

Gatt. *Tanacetum* Koch, Art Tanac. vulgare Linn., Mutterpflanze von Herba und Flores Tanaceti (s. S. 450 und 476).

Gatt. *Helichrysum* Gaertn., Art Helichr. arenarium Dec., liefert Flores Stoechados citrinae, jetzt fast obsolet.

Gatt. *Arnica* Cass., Art Arn. montana Linn., Mutterpflanze von Radix, Herba und Flores Arnicae (s. S. 181, 373 und 461).

Gatt. *Spilanthes* Jacq., Art Spilanth. oleracea Jacq., Mutterpflanze von Herba Spilanthi (s. S. 449).

Ferner sind aus dieser Zunft noch zu erwähnen: Xanthium Strumarium Linn., Mutterpflanze von Herba Lappae minoris (s. S. 411) und Semen Lappae minoris; Guizotica oleifera Dec., aus deren Samen Oel gepreßt wird, Helianthus annuus Linn., dessen Samen ebenfalls zur Oelgewinnung dient, Helianthus tuberosus Linn., Erdbirne oder Topinambur, deren Knollen wie Kartoffeln angebaut und benutzt werden, und Madia sativa Molin., deren Früchte auf Oel bearbeitet werden.

5. Zunft. Cynareae mit folgenden Gattungen:

Gatt. *Calendula* Cass., Art Calend. officinalis Linn., Mutterpflanze von Herba und Flores Calendulae (s. S. 382 und 463).

Gatt. *Carlina* Dec., Art Carl. acaulis Linn., Mutterpflanze von Radix Carlinae (s. S. 192).

Gatt. *Centaurea* Less., Art Centaur. Cyanus Linn., liefert Flores Cyani (s. S. 467).

Gatt. *Cnicus* Vaill., Art Cnicus benedictus Linn., Mutterpflanze von Herba Cardui benedicti (s. S. 384); früherhin war auch davon Semen Cardui benedicti officinell.

Gatt. *Carthamus* Tournef., Art Carth. tinctorius Linn., Mutterpflanzen von Flores und Semen Carthami (s. S. 464 und 527).

Gatt. *Lappa* Tournef., mit den Arten Lappa major Gaertn., Lappa minor Dec. und Lappa tomentosa Linn., Mutterpflanzen von Radix und Herba Bardanae (s. S. 185 und 377).

Ferner sind zu erwähnen: Silybum marianum Gaertn., von dem früher Radix, Herba und Semen Cardui Mariae (s. S. 525) officinell waren; und Cynarus scolymus Linn., Artischoke, und Cyn. carduncculus Linn., Cardone, beliebte Gemüse.

2. Unterfamilie. *Labiatiflorae.*

Die Kronen der Zwitterblüthen meist zweiblüthig. Alle jenseits des nördlichen Wendekreises und fast nur in Amerika einheimisch.

6. Zunft. Mutisiaceae, ohne officinelle Pflanzen.

7. Zunft. Nassauviaceae, desgleichen.

3. Unterfamilie. *Liguliflorae.*

Alle Blüthen Zwitter und zungenförmig. In den gemäßigten Zonen einheimisch.

8. Zunft. Cichoriaceae, mit folgenden Gattungen:

Gatt. *Cichorium* Linn., Arten Cichor. Intybus Linn., Mutterpflanze von Radix und Herba Cichorii (s. S. 195 und 389), und Cichor. Endivia Linn., Endivien, als Salatpflanze angebaut.

Gatt. *Scorzonera*, Art Scorz. hispanica Linn., Mutterpflanze von Radix Scorzonerae (s. S. 257).

Gatt. *Lactuca* Linn., mit den Arten: Lact. sativa Linn, in zahlreichen Spielarten kultivirt, dient zur Gewinnung des Lactucarium e Lactuca satia, Lactuca virosa Linn., liefert Herba Lactucae virosae (s. S. 410) und Lactucarium e Lactuca virosa, und Lact. Scariola Linn., Mutterpflanze von Herba Lactucae Scariolae (s. a. a. O.)

Gatt. *Taraxacum* Juss., Art Tarax. officinale Wigg., liefert Radix und Herba Taraxaci (s. S. 262 und 450).

Gatt. *Hieracium* Linn., Art Hierac. Pilosella Linn., Mutterpflanze von Herba Auriculae muris (s. S. 374).

Die Fam. Calycereae hat keine officinellen Pflanzen.

Anhang.

Die wichtigsten officinellen Pflanzenarten nach dem Linné'schen System zusammengestellt.

§. 302. *Monandria Monoginia I.* 1.

Maranta arundinacea,
Curcuma longa,
Curcuma Zerumbet,
Elettaria Cardamomum,
Zingiber officinale,
Alpinia Galanga.

Digynia I. 2
Trigynia I. 3
Polyginia I. 4
} enthalten keine officinelle Pflanzenart.

§. 303. *Diandria Monogynia II.* 1.

Olea europaea,
Veronica officinalis,
Veronica Beccabunga,
Gratiola officinalis,
Salvia officinalis,
Rosmarinus officinalis.

Digynia II. 2.

Ohne officinelle Pflanzenart.

Trigynia II. 3.

Piper nigrum und longum,
Cubeba officinalis.

§. 304. *Triandria Monogynia III.* 1.

Valeriana officinalis,
Crocus sativus,
Iris florentina,
Iris pallida.

Digynia III. 2.

Saccharum officinale,
Triticum vulgare,
Triticum repens,
Secale cereale,
Hordeum vulgare,
Avena sativa.

Trigynia III. 3.

Ohne officinelle Pflanzenart.

§. 305. *Tetrandria Monogynia IV.* 1.

Dorstenia Contrajeroa,
Plantago major,
Piantago arenaria,
Plantago Psyllium,
Plantago Cynops,
Succisa pratensis,
Rubia tinctorum,
Krameria triandra.

Digynia IV. 2
Tetragynia IV. 3 } enthalten keine officinelle Pflanzenarten.

§. 306. ***Pentandria** Monogynia V.* 1.

Primula officinalis,
Anagallis arvensis,
Solanum Dulcamara,
Solanum tuberosum,
Physalis Alkekengi,
Capsicum annuum,
Atropa Belladonna,
Hyoscyamus niger,
Nicotiana Tabacum,
Datura Stramonium,
Verbascum Thapsus,
Verbascum thapsiforme,
Cynoglossum officinale,
Borago officinalis,
Anchusa tinctoria,
Symphytum officinale,
Pulmonaria officinalis,
Erythraea Centaurium,
Menyanthes trifoliata,
Convolvulus Scammonia,
Ipomoea Schiedeana,
Strychnos Nux vomica,
Lobelia inflata,
Nauclea Gambir,
Cephaëlis Ipecacuanha,
Chiococca anguifuga,
Cinchona glandulifera,
Cinchona scrobiculata,
Cinchona lancifolia,
Cinchona oblongifolia,
Ribes rubrum,
Rhamnus catharticus,
Galipea officinalis,
Diosma crenata,
Diosma serratifolia,
Vitis vinifera,
Viola odorata,
Viola tricolor.

Digynia V. 2.

Ulmus campestris,
Ulmus effusa,
Chenopodium ambrosioides,
Beta vulgaris,
Cynauchum Vincetoxicum,
Cynanchum Arghel,
Gentiana lutea,
Eryngium campestre,
Cicuta virosa,
Petroselinum sativum,
Carum Carvi,
Pimpinella Saxifraga,
Levisticum officinale,
Archangelica officinalis,
Ferula Asa foetida,
Imperatoria Ostruthium,
Dorema armeniacum,
Anethum graveolens,
Opoponax Chironium,
Galbanum officinale,
Daucus Carota,
Cuminum Cyminum,
Meum athamanticum,
Pimpinella Anisum,
Oenanthe Phellandrium,
Anthriscus sylvestris,
Anthriscus Cerefolium,
Conium maculatum,
Coriandrum sativum.

Trigynia V. 3.

Sambucus nigra,
Sambucus racemosa,
Rhus succedanea,
Rhus Toxicodendron.

Tetragynia V. 4.

Ohne officinelle Pflanzenart.

Pentagynia V. 5.

Linum usitatissimum.

Polygynia V. 6.

Ohne officinelle Pflanzenart.

§. 307. *Hexandria Monogynia VI.* 1.

Oryza sativa,
Convallaria majalis,
Acorus Calamus,
Calamus Draco,
Aloë succotrina,
Aloë spicata,
Aloë vulgaris,
Berberis vulgaris,
Allium sativum,
Allium Cepa,
Urginea maritima.

Digynea VI. 2.

Ohne officinelle Pflanzenart.

Trigynia VI. 3.

Veratrum album,
Veratrum officinale,
Veratrum Sabadilla,
Rumex obtusifolius,
Colchicum autumnale.

§. 308. *Heptandria Monogynia VII.* 1.

Aesculus Hippocastanum.

Digynia VII. 2
Trigynia VII. 3
Heptagynia VII. 4
} enthalten keine officinelle Pflanzenart.

§. 309. *Octandria Monogynia VIII.* 1.

Daphne Mezereum,
Vaccinium Myrtillus,
Vaccinium Vitis Idaea,
Icica Icicariba,
Elaphrium tomentosum,
Balsamodendron Myrrha.

Digynia VIII. 2
Trigynia VIII. 3
Tetragynia VIII. 4
} enthalten keine officinelle Pflanzenart.

§. 310. *Enneandria Monogynia IX.* 1.

Camphora officinalis,
Cinnamomum ceylanicum,
Cinnamomum Cassia,
Cinnamomum Culilavan,
Cinnamomum Loureiri,
Sassafras officinalis,
Nectandra Pichury major,
Nectandra Pichury minor,
Dicipellium caryophyllatum,
Laurus nobilis.

Trigynia IX. 2.

Rheum australe,
Rheum palmatum,
Rheum undulatum,
Rheum Rhaponticum.

Hexagynia IX. 3.

Ohne officinelle Pflanzenarten.

§. 311. *Decandria Monogynia X.* 1.

Styrax officinalis,
Styrax Benzoin,
Arctostaphylos officinalis,
Rhodendron Chrysanthum,
Ledum palustre,
Copaifera officinalis,
Haematoxylum campechianum,
Guilandina echinata,
Cassia lanceolata,
Cassia obovata,
Cassia acutifolia,
Bactyrilobium Fistula,
Myroxylum peruiferum,
Myroxylum Toluiferum,
Boswellia serrata,
Quassia amara,
Simaruba excilsa,
Simaruba gujanensis,
Simaruba amara,
Dictamnus Fraxinella,
Ruta graveolens,
Guajacum officinale.

Digynia X. 2.

Saponaria officinalis.

Trigynia X. 3.

Tetragynia X. 4.

Beide ohne officinelle Pflanzenarten.

Pentagynia X. 5.

Sedum acre,
Sedum tectorum.

Decagynia X. 6.

Ohne officinelle Pflanzenart.

§. 312. *Dodecandria Monogynia XI.* 1.

Asarum europaeum.

Digynia XI. 2.

Agrimonia Eupatoria.

Trigynia XI. 3.

Euphorbia officinarum,
Euphorbia canariensis.

Pentagynia XI 4
Octogynia XI. 5
Dodecagynia XI. 6
Polygynia XI 7
} zu keiner gehört eine der wichtigsten Pflanzenarten.

§. 313. *Icosandria Monogynia XII.* 1.

Myrtus Pimenta,
Caryophyllus aromaticus,
Punica Granatum,
Amygdalus communis,
Prunus domestica,
Prunus spinosa,
Prunus Cerasus,
Prunus Lauro-Cerasus.

Digynia XII. 2
Trigynia XII. 3
Tetragynia XII. 4
} enthalten keine officinellen Pflanzenarten.

Pentagynia XII. 5.

Pyrus Malus, Cydonia vulgaris,
Mesembryanthemum crystallinum.

Polygynia XII. 6.

Geum urbanum, Potentilla Tormentilla, Rubus Idaeus, Rubus fruticosus, Rosa Centifolia, Rosa damascena, Rosa gallica, Rosa moschata.

§. 314. *Polyandria Monogynia XIII.* 1.

Dryobalanops Camphora, Tilia europaea, Tilia parvifolia, Bixa Orellana, Chelidonium majus, Actaea spicata.

Digynia XIII. 2.

Paeonia officinalis, peregrina und corallina.

Trigynia XIII. 3.

Delphinium Staphisagria, Aconitum Napellus, Aconitum Stoerkeanum, Aconitum variegatum.

Tetragynia XIII. 4.

Pentagynia XIII. 5.

Beide ohne officinelle Pflanzenarten.

Polygynia XIII. 6.

Drimys Winteri, Papaver Rhoeas, Papaver dubium, Papaver somniferum, Nigella sativa, Illicium anisatum, Helleborus niger, Helleborus foetidus, Anemone Pulsatilla, Anemone pratensis, Anemone hepatica, Clematis recta.

§. 315. *Didynamia Gymnospermia XIV.* 1.

Teucrium Marum, Teucrium Chamaedrys, Prunella vulgaris, Leonurus lanatus, Marrubium vulgare, Galeopsis Ochroleuca, Galeopsis Tetrahit, Lamium album, Glechoma hederacea, Hyssopus officinalis, Melissa officinalis, Thymus vulgaris, Thymus Serpyllum, Thymus coriaceus, Origanum vulgare, Origanum hirtum, Origanum Majorana, Origanum smyrneum, Mentha piperita, Mentha crispa, Mentha crispata, Mentha Pulegium, Lavandula angustifolia, Lavandula latifolia, Ocymum Basilicum, Verbena officinalis.

Angiospermia XIV. 2.

Linaria vulgaris, Digitalis purpurea.

§. 316. *Tetradynamia Siliculasae XV.* 1.

Nasturtium officinale, Cochlearia officinalis,
Armoracia rusticana.

Siliguosae XV. 2.

Sinapis alba, Brassica Napus,
Brassica Rapa, Brassica nigra.

§. 317. *Monadelphia Triandria XVI.* 1.

Tamarindus indica.

Tetrandria XVI. 2
Pentandria XVI. 3
Hexandria XVI. 4
Heptandria XVI. 5
Octandria XVI. 6
Decandria XVI. 7
} Sämmtlich ohne officinelle Pflanzen.

Dodecandria XVI. 8.

Canella alba.

Polyandria XVI. 9.

Althaea rosea, Malva rotundifolia,
Althaea officinalis, Malva borealis,
Malva sylvestris.

§. 318. *Diadelphia Diandra XVII.* 1.

Triaudra XVII. 2.
Tetrandria XVII. 3.
Beide ohne officinelle Pflanzen.

Hexandria XVII. 4.

Fumaria officinalis, Corydalis fabacea,
Corydalis cava, Corydalis solida.

Octandria XVII. 5.

Polygala vulgaris, Polygala amara,
Polygala major, Polygala Senega.

Decandria XVII. 6.

Andira inermis, Astragalus verus,
Andira retusa, Astragalus creticus,
Drepanocarpus senegalensis, Astragalus exscapus,
Pterocarpus santalinus, Melilotus officinalis,
Phaseolus vulgaris, Melilotus diffusa,
Phaseolus Nanus, Melilotus coerulea,
Glycyrrhiza glabra, Trigonella Foenum graecum,
Glycyrrhiza echinata, Ononis spinosa,
Indigofera Anil, Ononis repens,
Indigofera tinctoria, Genista tinctoria.

§. 319. *Polyadelphia Pentandria XVIII.* 1.

Theobroma Cacao.

Icosandria XVIII. 2.

Citrus Aurantium, Citrus medica.

Polyandria XVIII. 3.

Hypericum perforatum, Melaleuca Cajuputi.

§. 320. *Syngenesia Polygamia aequalis XIX.* 1.

Lactuca sativa,
Lactuca Scariola,
Lactuca virosa,
Cichorium Intybus,
Taraxacum officinale,
Lappa major,
Lappa minor,
Lappa tomentosa,
Carlina acaulis.

Polygamia superflua XIX. 2.

Arnica montana,
Matricaria Chamomilla,
Anacyclus officinarum,
Anthemis nobilis,
Anchillea Millefolium,
Tanacetum vulgare,
Artemisia Absynthium,
Artemisia Abrotonum,
Artemisia Dracunculus,
Artemisia vahliana,
Artemisia pauciflora,
Artemisia Sieberi,
Artemisia vulgaris,
Artemisia Lercheana,
Inula Helenium,
Inula Conyza,
Inula germanicum,
Tussilago Farfara.

Polygamia frustranea XIX. 3.

Centaurea Cyanus, Cnicus benedictus.

Polygamia necessaria XIX. 4.

Calendula officinalis.

Polygamia segregata XIX. 5.

Monogamia XIX. 6.

Beide ohne officinelle Pflanzenarten.

§. 321. *Gynandria Diandria XX.* 1.

Vanilla aromatica,
Orchis maculata,
Orchis militaris,
Orchis latifolia,
Orchis mascula,
Orchis Morio.

Triandria, Tetandria und *Pentandria XX.* 2, 3 und 4.

Ohne officinelle Pflanzenarten.

Hexandria XX. 5.

Aristolochia Serpentaria,
Aristolochia cymbifera,
Aristolochia rotunda,
Aristolochia longa.

Decandria und *Polyandria XX.* 6 und 7.

Ohne officinelle Pflanzenarten.

§. 322. *Monoecia Monandria XXI.* 1.

Arum maculatum.

Diandria XXI. 2.
Ohne officinelle Pflanzen.

Triandria XXI. 3.
Carex arenaria, hirta und glauca.

Tetrandria XXI. 4.
Morus alba, Morus nigra.

Pentandria XXI. 5.
Ohne officinelle Pflanzenart.

Hexandria XXI. 6.
Sagus Rumphii.

Heptandria XXI. 7.
Ohne officinelle Pflanzenart.

Polyandria XXI. 8.
Juglans regia,
Quercus sessiliflora,
Quercus pedunculata,
Quercus pubescens,
Quercus Suber,
Quercus Aegilops,
Quercus infectoria,
Quercus coccifera.

Monadelphia XXI. 9.
Callitris articulata,
Thuja occidentalis,
Siphonia elastica,
Croton Tiglium,
Croton Eluteria,
Croton Draco,
Croton Pseudochina,
Pinus sylvestris,
Abies excelsa,
Abies pectinata,
Abies Larix,
Ricinus communis.

Syngenesia XXI. 10.
Cucumis Colocynthis,
Ecbalium officinale,
Bryonia alba,
Bryonia dioica,

Gynandra XXI. 11.
Ohne officinelle Pflanzenart.

§. 323. *Dioecia Monandria XXII.* 1.
Ohne officinelle Pflanzenart.

Diandria XXII. 2.
Salix fragilis, pentandra, purpurea etc.

Triandria XXII. 3.
Ohne officinelle Pflanzenart.

Tetrandria XXII. 4.
Viscum album.

Pentandria XXII. 5.
Cannabis sativa,
Humulus Lupulus,
Pistacia Lentiscus,
Pistacia vera.

Hexandria XXII. 6.

Phoenix dactylifera,
Cocculus palmatus,
Smilax medica,
Smilax syphilitica,
Smilax officinalis,
Smilax China.

Octandria XXII. 7.

Populus nigra.

Enneandria und *Decandria XXII.* 8 und 9.

Beide ohne officinelle Pflanzenarten.

Dodecandria XXII. 10.

Anamirta Cocculus.

Polyandria XXII. 11.

Ohne officinelle Pflanzenart.

Monadelphia XXII. 12.

Taxus baccata,
Myristica moschata,
Juniperus communis,
Juniperus Sabina.

Syngenesia und *Gynandria XXII.* 13 und 14.

Beide ohne officinelle Pflanzenarten.

§. 324. *Polygamia Monoecia XXIII.* 1.

Garcinia Gutta,
Acacia nilotica,
Acacia Seyal,
Acacia tortilis,
Acacia Ehrenbergiana,
Acacia Catechu,
Acacia Jurema,
Acacia Catechu.

Dioecia XXIII. 2.

Ohne officinelle Pflanzenart.

Trioecia XXIII. 3.

Ceratonia Siliqua,
Ficus Carica,
Ficus elastica,
Ficus religiosa.

§. 325. *Cryptogamia Filices XXIV.* 1.

Equisetum arvense,
Lycopodium clavatum,
Nephrodium Filix mas,
Adiantum Capillus Veneris,
Scolopendrium officinarum,
Pelypodium vulgare,
Asplenium Ruta muraria.

Musci XXIV. 2.

Ohne officinelle Pflanzenart.

Algae XXIV. 3.

Cetraria islandica, Chondrus crispus, Sphaerococcus Helmintochorton.

Fungi XXIV. 4.

Polyporus officinalis und fomentarius, Elaphomyces granulatus, Lycoperdon Bovista.

Zweiter Haupttheil.

Topographisch-historische Botanik.

Erster Abschnitt.

Lehre von den topographischen Verhältnissen der gegenwärtigen Pflanzendecke der Erde. Pflanzengeographie.

§. 326. Die Aufgabe der Pflanzengeographie ist eine vierfache, nemlich 1) die Ursachen aufzusuchen, welche der Verschiedenartigkeit in dem Vorkommen und der Verbreitung der Pflanzenarten und ihrer Individuen und in der Vertheilung der aus denselben zusammengesetzten Vegetation (vergl. Anmerkung) zu Grunde liegen; 2) die verschiedenen Verhältnisse des Vorkommens und der Verbreitung der Pflanzen zu schildern; 3) die Vertheilung der Vegetation auf der Erdoberfläche und ihre Zusammensetzung in den verschiedenen Gegenden der Erde zu ermitteln und hiernach die ganze Erde in bestimmte Bezirke einzutheilen, und 4) die gesellig wachsenden oder durch auffällige Form ausgezeichneten Pflanzen hinsichtlich ihres äußeren Ansehens miteinander zu vergleichen und auf diese Weise die eigenthümliche Physiognomie derselben hervorzuheben, sowie die Physiognomie der Vegetation in verschiedenen Gegenden der Erde zu beschreiben. Hiernach zerfällt die Pflanzengeographie in vier besondere Theile, welche man mit den Namen Aetiologie, Topographie, Statistik und Physiognomie der Vegetation bezeichnen kann.

Anmerk. Vegetation einer Gegend ist die Gesammtzahl aller daselbst wachsenden Pflanzenindividuen, Vegetation der Erdoberfläche also die Gesammtzahl der auf der Erdoberfläche vorhandenen Pflanzenindividuen oder die Pfanzendecke der Erde. Demnach ist der Begriff der Vegetation kein systematischer, die Vegetation einer Gegend auch nicht eine aus systematisch angeordneten Repräsentanten (oder Individuen) einer Species bestehende Pflanzenzahl, sondern der gesammte, scheinbar ordnungslos aus zahllosen neben und untereinander wachsenden Repräsentanten der verschiedenartigsten Species zusammengesetzte Pflanzenwuchs. So ordnungslos und ohne Regeln zusammengesetzt auch die Vegetation erscheint, so ist dennoch ihre Zusammensetzung keine willkürliche, sondern beruht auf bestimmten Ursachen und Gesetzen.

Erste Abtheilung.

Von den Ursachen, welche dem Vorkommen und der Verbreitung der Pflanzen und der Vertheilung der Vegetation zu Grunde liegen. Aetiologie der Vegetation.

§. 327. Die Vertheilung der Vegetation auf der Oberfläche der Erde, sowohl in horizontaler wie in verticaler Richtung wird nicht allein durch die Wärmeverhältnisse und überhaupt durch das Klima, sondern auch und ganz besonders in Bezug auf die Zusammensetzung der Vegetation und auf das Vorkommen und die Verbreitung der einzelnen Arten und Gattungen durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt. Da nun das Klima und der Boden als die beiden Hauptbedingungen des Vorkommens und der Verbreitung der Pflanzen erkannt worden sind, so muß auch die Aetiologie der Vegetation in zwei Theile zerfallen, von denen der eine die klimatischen Verhältnisse, der andere die Bodenverhältnisse erörtert; der erste Theil wird die Klimatologie, welche einen integrirenden Theil der Meteorologie bildet, in nachstehenden §§. aber nur mit Bezug auf die Vegetation erörtert wird, der zweite die Chthonognosie genannt.

I. Klimatologie.

§. 328. Die Verschiedenheit der Vertheilung der jährlichen Wärmemengen durch die Jahreszeiten übt einen so deutlichen Einfluß auf die Vegetation aus, daß zwei Gegenden von ganz gleicher mittlerer Jahrestemperatur ganz verschiedene Vegetationsverhältnisse besitzen können, wenn die Vertheilung der Wärmemenge in beiden Gegenden nicht übereinstimmt. Pflanzen, welche viel Sommerwärme bedürfen, aber im Winter viel Kälte vertragen können, gedeihen nur in solchen Gegenden und werden nur da wildwachsend gefunden, welche durch eine hohe Sommertemperatur ausgezeichnet sind, also in Continentalgegenden, während solche Pflanzen, welche wenig Kälte aushalten, in Küstengegenden einheimisch sind. Wo der Sommer warm ist, da findet selbst bei sehr niedriger Jahrestemperatur und großer Winterkälte immer noch ein ziemlich kräftiger Pflanzenwuchs statt, während da, wo der Sommer kalt ist, bei gleicher oder selbst bei höherer Jahrestemperatur und weniger kaltem Winter die Vegetation sehr gering ist.

§. 329. Eine jede Pflanze bedarf zu ihrem Leben eine bestimmte jährliche Wärmemenge und eine bestimmte Vertheilung dieser Wärmemenge durch die einzelnen Jahreszeiten. Hieraus geht hervor, daß es von der größten Wichtigkeit ist, diejenigen Punkte zu kennen, welche dieselbe jährliche Wärmemenge und dieselbe Vertheilung dieser Wärmemenge durch die Jahreszeiten besitzen, d. h. die Punkte von gleicher mittlerer Jahrestemperatur und von gleicher mittlerer Temperatur der Jahreszeiten. Da aber nun die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche eine höchst unregelmäßige ist und nicht mit der geographischen Breite übereinstimmt, so ist die Verbreitung einer Pflanze nur erst dann genau zu ermitteln, wenn man die Orte, welche die der Pflanze zusagenden mittleren Temperaturgrade besitzt, durch Linien mit einander in Verbindung setzt, auf welche Weise man die sog. Isothermen erhält. Da jedoch das Pflanzenleben

viel weniger von der mittleren Jahrestemperatur, als von der mittleren Temperatur der Jahreszeiten und namentlich der des Sommers und Winters abhängig ist, so ist es zur ganz genauen Ermittlung der Verbreitung einer Pflanze nothwendig, neben der Verbindung der Orte mit mittlerer Jahrestemperatur auch diejenigen Punkte kennen zu lernen, wo dem Sommer und dem Winter derjenige Temperaturgrad eigen ist, welchen die Pflanze zu ihrer Existenz bedarf. Durch die Verbindung derjenigen Punkte mit gleicher mittlerer Sommertemperatur erhält man die sog. Isotheren, und durch die Verbindung der Punkte mit gleicher mittlerer Wärmetemperatur die sog. Isochimenen. So wenig aber die Isothermen parallel mit den Breitegraden laufen, so wenig stimmen auch die Isotheren und Isochimenen mit den Isothermen überein, sondern sie nehmen vielmehr einen eigenthümlichen Verlauf, woraus es erklärlich wird, daß an verschiedenen Punkten der Erde, die unter gleichen Breitengraden liegen und bei denen dieselben Bodenverhältnisse stattfinden, doch nicht dieselben Pflanzenarten wildwachsend gedeihen können. Der Verbreitungsbezirk der Pflanzenarten nach der geographischen Länge und Breite wird die Längen- und Breitenzone der Pflanzenarten genannt.

§. 330. Da die Erdoberfläche nicht vollkommen eben ist, sondern sie an vielen Punkten hohe Plateau's besitzt, an anderen zu hohen Gebirgen sich erhebt, die höheren Luftschichten aber kälter sind als die niedrigeren, so muß auch bei der Ermittlung der Verbreitung der Pflanzen die Vertheilung der Wärme in vertikaler Richtung berücksichtigt werden. Entsprechend der allmähligen Abnahme der Temperatur von unten nach oben ändern sich auch die Zusammensetzung und das Ansehen der die Gebirge und Hochlande bedeckenden Vegetation und entsprechend der abnehmenden Vegetation von dem Aequator nach den Polen hin verschwinden in einer bestimmten Höhe die Bäume, später die Sträucher und Stauden und endlich zeigt sich eine vollkommen polare Vegetation, die bei hinreichend hohen Bergen zuletzt auch aufhört und ewigen Schnee- und Eismassen Platz macht. Obgleich nun aber ein Parallelismus zwischen der Wärme- und folglich auch zwischen der Vegetationsverbreitung in vertikaler und in horizontaler Richtung stattfindet, so stimmt das Klima der verschiedenen Gebirgshöhen mit den entsprechenden Breitenzonen keineswegs und eben so wenig genau überein, was besonders von dem Parallelismus zwischen hohen Gebirgsgegenden und hohen Breiten gilt. Das Klima hoher Gebirgsgegenden entspricht nemlich nicht dem Continentalklima, das selbst in hohen Breiten noch einen verhältnißmäßig warmen, wenn auch nur sehr kurzen Sommer bewirkt, sondern stimmt mehr mit dem Küstenklima überein, ist daher im Allgemeinen viel kälter, als das Klima der entsprechenden Zone, weil es viel kältere Sommer besitzt. Hierdurch wird ein wesentlicher Unterschied zwischen der Vegetation hoher Gebirgsgegenden und entsprechend hoher Breitenzonen verursacht, dem zu Folge es möglich ist, daß es in hohen Breitenzonen wegen des warmen Sommers noch Wälder giebt und Cerealien kultivirt werden können, während hohe Gebirgsgegenden nur noch Alpenkräuter gedeihen lassen können. Der Verbreitungsbezirk der Pflanzenarten nach der Höhe der Erdoberfläche wird die Elevationszone der Pflanzenarten genannt.

§. 331. Außer den allgemeinen großartigen Verhältnissen, welche einen Einfluß auf das Sinken der Temperatur vom Aequator nach den Polen und aus der Tiefe nach den Höhen hin ausüben, werden auch Modifikationen der Temperaturverhältnisse und in Folge dessen die Pflanzenverbreitung durch lokale Einflüsse hervorgebracht. Diese sind ins Besondere durch die Exposition d. h. durch die relative Lage eines Landstriches oder Ortes zur Himmelsgegend und die durch diese Lage hervorgebrachten Veränderungen in dem Einfallswinkel der Licht- und Wärmestrahlen und in den Strömungen der Luft bedingt. Vorzüglich werden aber diese Temperaturverschiedenheiten durch die Dauer der Insolation oder der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen hervorgebracht, wobei jedoch zugleich die Reflexion der Licht- und Wärmestrahlen und die Verschiedenheit der Luftströmungen mit in's Spiel kommen. Die Reflexion der Wärmestrahlen wird aber nicht allein durch die Neigung der Fläche, auf welche sie einfallen, sondern auch durch das Relief, die Farbe und Bekleidung und die Dauer der Insolation selbst bedingt. Neben diesen lokalen Einflüssen übt auf die Temperatur und die Verbreitung der Pflanzen auch noch die physikalische Beschaffenheit der benachbarten Gegenden einen großen Einfluß aus, wie bekanntlich die Ufergegenden großer Landseen ein milderes Klima besitzen, als Landstriche ohne Landseen; Ebenen in der Nähe hoher, mit Schnee bedeckter Gebirge je nach der Himmelsgegend, gegen welche diese liegen, bald wärmer, bald kälter als andere nicht von hohen Gebirgsgegenden beherrschte Flachländer, hohe, kahle oder der Gebirge entbehrenden Plateau's, freie Bergspitzen, überhaupt hoch und frei gelegene, nach keiner Seite gegen Winde geschützte Lokalitäten stets kälter als tief gelegene oder in irgend einer Weise gegen die abkühlenden Luftströmungen gesicherte Landstriche sind.

§. 332. Von sehr großer Wichtigkeit auf die Verbreitung der Pflanzen ist der Feuchtigkeitszustand der atmosphärischen Luft, indem das in dieser enthaltene Wasser zum Theil zur Assimilation d. h. zur Ernährung der Pflanzen selbst dient, zum Theil aber auch den Stoffwechsel in den Pflanzen bedingt. Die Menge des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Wasserdampfes ist sowohl zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten, als auch in verschiedenen Gegenden der Erde verschieden; besonders in Bezug auf letzteres gilt das Gesetz, daß der Wasserdampfgehalt der atmosphärischen Luft unter den Tropen am stärksten ist und von da gegen die Pole hin abnimmt. Jedoch finden auch hier sehr bedeutende Ausnahmen statt, wie man z. B. unter dem Aequator Landstriche mit so trockener Luft hat, daß das ganze Jahr hindurch kein Regen fällt, hingegen nach den Polen hin Gegenden mit einem so hohen Feuchtigkeitszustand der atmosphärischen Luft sind, daß die Menge des fallenden Regenwassers fast eben so groß ist, wie in den meisten Tropengegenden. Man ist bis jetzt zu den Resultaten gelangt, daß der größte Feuchtigkeitszustand der atmosphärischen Luft in der Nähe großer Wassermassen, wie auf und an dem Meer oder in den Umgebungen großer Landseen, über mit Vegetation bedeckten Binnenländern und in Gebirgsgegenden ist, während die Luft über Binnenländern, Wüsten und Ebenen weniger Wasserdampf enthält. Die Meteorologie lehrt, daß die Menge des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Wasserdampfes abhängig von der Lufttemperatur und dieser in um so größerer Menge in

der Luft enthalten, je höher deren Temperatur ist; ferner daß die bei einem gewissen Temperaturgrad mit Wasserdampf gesättigte Luft diesen verdichten und als Thau (Reif) oder Regen (Schnee) fallen läßt, wenn die Temperatur sinkt. Wo nun die atmosphärische Luft sich mit Wasserdampf sättigen kann und ein häufiger Wechsel der Temperatur eintritt, da muß also die größte Regenwassermasse fallen und die Vegetation viel kräftiger und üppiger sein, als in an atmosphärischen Niederschlägen armen Gegenden. Es ist daher von großer Wichtigkeit für die Kenntniß über die Vertheilung der Vegetation die Vertheilung des Regens und atmosphärischen Niederschläge überhaupt auf der Oberfläche der Erde zu kennen. In dieser Beziehung ist man bis jetzt zu folgenden Resultaten gelangt:

1) Nördlich vom Aequator zwischen 4 und 9° Breite schlingt sich um den ganzen Erdkreis herum eine Zone, in welcher fast ununterbrochen atmosphärische Niederschläge, mit elektrischen Explosionen verbunden, stattfinden.

2) Zu beiden Seiten dieser schmalen Zone erstreckt sich bis an den Wendekreis eine Zone periodischer Niederschläge. In diesen beiden Zonen regnet es zu bestimmten Jahreszeiten, aber dann ungleich reichlicher, als in höheren Breiten.

3) Auf die Zone der periodischen Niederschläge folgt in beiden Hemisphären eine breite Zone, welche sich bis in die Polarzone erstreckt. Innerhalb derselben erfolgen zwar nicht fortwährend Niederschläge, wie in der zuerst geschilderten Zone, wohl aber zu allen Jahreszeiten, weßhalb sie die Zone der beständigen atmosphärischen Niederschläge genannt wird.

4) Innerhalb der Zonen 2 und 3 liegen einige vollkommen regenlose Gebiete von großer Ausdehnung, wohin in Centralasien die Steppen der Mongolei und Tartarei und die Wüste Gobi, in Westasien das steinige Arabien und die Wüsten Persiens, in Afrika die Wüsten der Sahara und Lybiens und in Südamerika ein schmaler Streifen längs der Küste von Peru und Bolivia gehören.

Die jährliche Menge des in den Zonen 1 und 3 fallenden Regenwassers ist selbst innerhalb ein und derselben Zone sehr verschieden, bis jetzt aber nur erst für so wenige Punkte erforscht, daß man im Stande wäre, hyetometrische Curven zu bilden, d. h. die Orte mit einem gleichmäßigen jährlichen Regenwasserfall durch Linien zu verbinden. Die Vertheilung der jährlichen Menge atmosphärischer Niederschläge durch die Jahreszeiten hindurch ist ebenfalls von großem Einfluß auf die Verbreitung der Pflanzen und die Vertheilung der Vegetation. Eine solche Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge findet natürlicherweise nur in den beiden Zonen mit beständigen Niederschlägen statt, wo sie jedoch auch sehr verschieden ist, indem in dem einen Landstrich der meiste Regen im Sommer, in einem andern im Winter, in einem dritten im Herbst fällt, wonach die Zonen der beständigen Niederschläge in Regenprovinzen und zwar in Provinzen des Sommer-, Herbst- und Winterregens einzutheilen sind.

§. 333. Auf das Vorkommen der Pflanzen und die Verbreitung der Vegetation üben auch die Luftströmungen einen bedeutenden Einfluß aus, indem sie einerseits die Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse der atmosphärischen Luft wesentlich modificiren, anderseits durch ihre mechanische Wirkung die Vegetation bald begünstigen, bald beeinträchtigen. Gegenden, welche fortwährend oder zu gewissen Zeiten von warmen und sanften Luftströmungen bestrichen werden, besitzen eine reichere und üppigere Vegetation als solche, welche kalten und heftigen Luftströmungen ausgesetzt sind.

§. 334. Die allgemeinen Resultate des Einflusses der in den vorhergehenden §§. erörterten klimatischen Verhältnisse auf die Verbreitung und Zusammensetzung der Vegetation sind folgende:

1) Die Küstenländer haben in der Regel eine üppigere, frischere Vegetation, als die unter gleicher Breite belegenen Kontinentalländer.

2) In der nördlichen Hemisphäre ist die Vegetation an den Westküsten üppiger und reicher als an den Ostküsten, und in der südlichen Hemisphäre findet das Umgekehrte statt.

3) In der nördlichen Hemisphäre erstreckt sich an den Küsten die Vegetation weiter nach dem Pole hin als an den Ostküsten; in der südlichen Hemisphäre findet das umgekehrte Verhältniß statt. Dasselbe gilt auch von den Pflanzen der einzelnen Zonen, indem Tropenpflanzen noch in den wärmeren Gegenden der außertropischen Zone an den Westküsten der nördlichen und an den Ostküsten der südlichen Hemisphäre vorkommen.

4) Da, wo Wärme und Feuchtigkeit bei mäßig bewegter Luft zusammen wirken, ist eine üppige und reiche Vegetation.

5) Große Hitze und Kälte, große Trockenheit und fortwährende heftige Bewegung der Luft wirken hemmend auf die Entwicklung der Vegetation und können sie sogar gänzlich vernichten.

6) Alle Pflanzen, welche zu ihrer Entwicklung und Fortdauer eine gleichmäßige und hohe Temperatur bedürfen, sind in ihrem Vorkommen auf die Küstengegenden und Tiefländer der Aequatorialzone beschränkt und auch da nur mit Erfolg anzubauen.

7) Alle Pflanzen, die keine sehr gleichmäßige Temperatur, aber viel Wärme, besonders während des Winters bedürfen, können nur in den Küstenländern und Tiefebenen der subtropischen Zone und in den unteren Gebirgsgegenden und auf mäßig hohen Plateau's der Aequatorialzone gedeihen.

8) Alle Pflanzen, die weder eine sehr gleichmäßige, noch eine sehr hohe Temperatur das ganze Jahr hindurch bedürfen, vielmehr durch lange andauernde hohe Temperatur leiden, kommen bloß in den extratropischen Gegenden und in den höheren Gebirgsregionen der Aequatorialzone vor.

9) In den extratropischen Zonen ist das Vorkommen derjenigen Pflanzen, welche eine möglichst gleichmäßige Temperatur und viel Feuchtigkeit verlangen, auf die Küsten und Inseln beschränkt, während diejenigen Pflanzen, welche nur während ihrer Entwicklung oder während der Vegetationsperiode eine beträchtliche Wärme bedürfen,

zur Zeit der ruhenden Vegetation dagegen mehr oder weniger unempfindlich gegen niedrige Temperaturen sind, sich vorzugsweise innerhalb der Kontinente finden.

10) Die Vegetation aller Zonen ist zur Zeit, wo das Maximum der atmosphärischen Niederschläge stattfindet, am kräftigsten und frischesten.

11) In solchen Gegenden, wo lang anhaltende periodische Winde von verschiedener Temperatur mit einander abwechseln, fällt die kräftigste Vegetationsperiode in die Zeit, wo die Gegend von dem wärmeren Luftstrome getroffen wird.

12) Hochebenen oder Plateau's besitzen wegen der Größe und des schroffen Wechsels der Temperaturextreme und wegen der Trockenheit der Luft und der dadurch bedingten geringen Menge atmosphärischer Niederschläge eine spärlichere Vegetation als Tiefebenen und Gebirgszüge.

13) Die Vegetation an den Abhängen eines Gebirges ist nach den Himmelsgegenden verschieden. Im Allgemeinen stimmen die Vegetationen der Ost- und Nordseite und der West- und Südseite mit einander überein. In dem kälteren Theile der gemäßigten Zone und in der kalten Zone der nördlichen Hemisphäre pflegen die Nordostseiten ärmer, die Südwestseiten der Gebirge reicher an Vegetation zu sein, in der südlichen Hemisphäre das umgekehrte Verhältniß stattzufinden. Dasselbe gilt auch von den Abhängen der Thäler einzelner Berge und Plateau's.

II. Chthonognosie.

§. 335. Als **Boden** wird in der Pflanzengeographie nicht allein das mit Humus vermengte Verwitterungsprodukt der obersten Erdschichte, auf welchem die meisten Landpflanzen wurzeln, sondern überhaupt das Medium, dem die Pflanzen ihre Nahrung entziehen, betrachtet und demnach auch das feste unzersetzte Gestein der Erdoberfläche, das Wasser, die Luft und die Nahrpflanzen für die Schmarotzergewächse zu den Bodenarten gerechnet. Diese Bodenarten üben theils durch ihre physikalische, theils durch ihre chemischen Eigenschaften einen großen Einfluß auf die Vegetation aus. Sie können in verschiedenen Arten unterschieden werden, wodurch auch wiederum ihr Einfluß auf die Vegetation wesentlich modificirt wird.

1. Fester Boden.

§. 336. Der **feste Boden** oder der **Boden im engeren Sinn**, aus welchem die Mehrzahl der Gewächse mittels der Wurzeln den hauptsächlichsten Theil der Nahrung zieht, besteht aus zertrümmertem und zersetztem Gestein mit verwesten organischen Resten vermengt, oder stellt eine feste, gar nicht oder wenig an der Oberfläche verwitterte Gesteinmasse dar. In Beziehung auf den Aggregatzustand kann man folgende Bodenarten unterscheiden:

1) **Felsboden** oder **Gestein**, aus Felswänden, Klippen, Riffen, Felsblöcken u. s. w. bestehend;

2) **Felsiger Boden**, aus theilweise an der Oberfläche zersetzten und deßhalb hier und da mit einer dünnen Erdschicht bedeckten Gebirgsmassen bestehend;

3) Grusboden oder Schuttboden, aus kleinen Steinbrocken, Kieseln, Sand und Erde zusammengesetzt;

4) Sandboden, aus kleinen Gesteinkörnern von ziemlich gleicher Größe zusammengesetzt und entweder durch darunter gemengte thonige Erdtheile locker zusammengehalten oder ganz lose und dann bisweilen so kleinkörnig, daß er vom Wind weiter geführt und aufgehäuft wird (Flugsand);

5) Erdiger Boden, aus gänzlich zersetztem Gestein bestehend und mit organischen Zersetzungsprodukten vermengt, und lockere, zwischen den Fingern zerreibbare Schollen bildend;

6) Moor- oder Torfboden, ein schwarzer, lockerer, elastisch nachgebender Boden aus erdigen und vegetabilischen Zersetzungsprodukten zusammengesetzt und von Wasser durchdrungen;

7) Marschboden, ein schwarzer, sehr humusreicher, feuchter Boden aus erdigen und vegetabilischen Zersetzungsprodukten, auf abwechselnden, mit Wasser getränkten Lagen von Thon und Sand ruhend, und

8) Schlammboden, besteht aus feinen erdigen Niederschlägen aus stehenden oder fließenden Gewässern, ist von Wasser durchdrungen und bildet daher eine dickflüssige, breiartige Masse.

In chemischer Beziehung läßt sich der feste Boden nach dem Vorwalten seiner Bestandtheile in folgende Arten unterscheiden:

1) Kieselboden, besteht aus kieselerdehaltigem Gestein oder Gesteinstrümmern, oder aus den Zersetzungsprodukten kieselerdehaltiger Gesteine und Mineralien (wie Sand- und Kieslager, Sandstein, Grauwacke, Granit, Gneis, Quarzit, Granulit, Glimmerschiefer, Porphyr, Phonolith, Basalt u. A.) und ist deßhalb mehr oder weniger mit Kieselerde vermengt;

2) Thonboden, besteht aus thonerdehaltigem Gestein oder Gesteinstrümmern oder deren Zersetzungsprodukten (Thon- und Lehmlager, Thonmergel, Thonschiefer, Alaunschiefer u. s. w.);

3) Kalkboden, welcher kohlensauren Kalk in vorherrschender Menge enthält und aus Kalk, Kreide, Marmor, Kalkmergel und deren Zersetzungsprodukten gebildet worden ist;

4) Gypsboden, welcher schwefelsauren Kalk vorherrschend enthält und aus Gyps und Anhydrit und deren Zersetzungsprodukten gebildet worden ist;

5) Talkboden, mit Talkerde in vorherrschender Menge, aus Dolomit, Meerschaum, Talkschiefer und deren Zersetzungsprodukten gebildet;

6) Salzboden oder alkalischer Boden, von Kochsalz und anderen Kali- und Natronsalzen durchdrungen (durch Steinsalz, Salzthon, Sand-, Thon- und Gypslager und Geschiebe in der Nähe von Steinsalzlagern und Salzquellen, in Salzsteppen und am Meeresstrand gebildet), und

7) Kohlenboden, mit Kohle vermengt oder ganz aus zertrümmerten Kohlen bestehend (Kohlenplätze, zu Tage ausgehende Stein- und Braunkohlenflötze, Kohlenschiefer, Torf, Moorboden).

Von großem Einfluß auf die Vegetation ist es, ob der Boden bereits der Kultur unterworfen oder noch nicht bebaut worden ist,

weßhalb man auch angebauten und unangebauten Boden zu unterscheiden hat.

§. 337. Der Einfluß des Bodens auf die Vegetation ist abhängig von dem Relief, von dem Aggregatzustand und von der chemischen Beschaffenheit des Bodens.

Das Relief des Bodens übt einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Verbreitung und Vertheilung der Vegetation. Die Vertheilung derselben ist in ebenen Landstrichen viel gleichmäßiger, als in gebirgigen, weil eines Theiles hier viel bedeutendere Modifikationen der klimatischen Verhältnisse, anderen Theiles eine mannichfaltigere Zusammensetzung des Bodens stattfindet, als in den ebenen Landstrichen. Hügeliges und bergiges Land zeigt eine bedeutende Störung in der Gleichmäßigkeit des Vorkommens und der Vertheilung der Pflanzenindividuen und Pflanzengattungen, was besonders bei sehr hohen und ausgedehnten Gebirgsketten hervortritt, die gewöhnlich die Scheidemauer zwischen zwei einander wenig ähnlichen Vegetationen bildet.

Der Aggregatzustand des Bodens ist eine der Hauptursachen, welche der Vertheilung der Pflanzenindividuen einer Art innerhalb deren Verbreitungsbezirke zu Grunde liegen. Pflanzen, die auf Sandboden sehr weit verbreitet sind, werden bloß da vorkommen, wo Sandboden ist, was auch von den Pflanzen der übrigen physikalischen Bodenarten gilt. Von großem Einfluß ist dabei noch der Feuchtigkeitszustand des Bodens und gleichartige Bodenarten mit verschiedenem Feuchtigkeitszustand zeigen stets eine verschiedene Vegetation in Beziehung auf die Menge und die Arten der Pflanzenindividuen. Ein sehr trockner Boden nährt nur einen sehr spärlichen Pflanzenwuchs oder entbehrt, wenn derselbe wenig oder gar keine Nahrungsmittel enthält (wie nacktes, völlig unzersetztes Gestein oder Kiessand), gänzlich der Vegetation. Große ausgebreitete Landstriche, deren Oberfläche nur aus Kiessand besteht, wie die Wüsten, scheiden gewöhnlich wie hohe Gebirge ganze Vegetationen von einander.

Die chemischen Eigenschaften des Boden oder dessen Bestandtheile üben den größten Einfluß auf die Pflanzen aus. Die chemische Zusammensetzung der Bodenarten verursacht den gesammten Charakter, das allgemeine Ansehen der Vegetation; die des Kalkbodens stimmt wenig mit der des Thonbodens überein und noch auffallender und eigenthümlicher ist die Vegetation des Salzbodens und des Moorbodens, minder scharf die des Thon- und Kieselbodens oder die des Kalk-, Gyps- und Talkbodens. Obgleich jeder chemisch verschiedenartige Boden eine eigenthümliche Vegetation besitzt, so darf man doch nicht annehmen, daß die Vegetationen zweier solcher Bodenarten, welche unmittelbar an einander grenzen oder doch nicht zu weit von einander liegen, gänzlich verschieden seien. Es giebt eine große Zahl Pflanzen, welche auf allen Bodenarten gedeihen, daher allen gemeinschaftlich sind; jedoch treten diese Pflanzen nie massenhaft auf verschiedenen Bodenarten auf, sondern sind nur dünn über denselben zerstreut und üben keinen Einfluß auf das allgemeine Ansehen aus oder, mit anderen Worten, bestimmen den Charakter der Vegetation nicht, was nur die einer jeden Bodenart eigenthümlichen Pflanzen durch ihr massenhaftes Auftreten thun. Aber auch diese charakteristischen Pflanzen

sind nicht immer auf eine einzige Bodenart von bestimmter chemischer Beschaffenheit beschränkt, sondern können auf mehreren chemisch sehr verschiedenartigen Boden vorkommen, denn es giebt mehrere charakteristische Pflanzen, welche gleichzeitig auf Kalk-, Thon- und Kieselboden einheimisch sind. Allein stets wird nur eine dieser Bodenarten diejenige sein, auf welcher die betreffende Pflanze massenhaft auftritt, für welche sie also charakteristisch ist. Es giebt aber auch wirklich Pflanzen, welche nur an eine bestimmte chemische Beschaffenheit des Bodens gebunden sind; derartige Pflanzen hat man Bodenstete, solche aber, die sich auf mehreren chemisch verschiedenartigen Boden finden, Bodenholde, und solche, deren Vorkommen durchaus nicht von einer bestimmten chemischen Mischung des Bodens abhängig, Bodenvage genannt. Der Kalkboden besitzt unstreitig die reichste Vegetation; der Kiesel- und der Thonboden sind zwar minder reich an Pflanzenarten, zeichnen sich aber dadurch aus, daß die für diese Bodenarten charakteristischen Pflanzen einen großen Individuenreichthum besitzen und gesellig auftreten. Der Salzboden besitzt die ärmste, aber ausgezeichnetste Vegetation, da dieselbe vorzugsweise aus bodensteten und bodenholden, eine eigenthümliche Physiognomie besitzenden Pflanzen besteht. Der Talk- und der Gypsboden besitzen eine wenig eigenthümliche Physiognomie, indem ihre Pflanzen mit denen des Kalkbodens fast gänzlich übereinstimmen; ist der Gypsboden salzhaltig, so zeigt er die Vegetation des Salzbodens.

Anmerk. Von mehreren Naturforschern, namentlich von Unger, ist die Ansicht aufgestellt worden, daß nicht allein durch chemische Verschiedenheit der Bodenarten, sondern auch durch die geognostische Verschiedenheit der Formation, aus deren Trümmern der Boden besteht, kurzweg durch die Verschiedenheit des geognostischen Substrates ein Unterschied in der Vegetation hervorgebracht werde. Sind auch die bisherigen Untersuchungen einer derartigen Ansicht im Allgemeinen nicht günstig, so kann man doch einen gewissen Einfluß des geognostischen Substrates auf die Vertheilung der Vegetation nicht ableugnen, da es allerdings gewisse Pflanzen giebt, die nur an eine bestimmte geognostische Formation gebunden zu sein scheinen.

§. 338. Durch die chemische und geognostische Verschiedenheit des Bodens wird nicht allein eine verschiedenartige Zusammensetzung und demzufolge ein verschiedener Charakter der Vegetation, sondern auch häufig die Physiognomie der einzelnen Individuen einer und derselben Pflanzenart bedingt. Viele Pflanzen erhalten auf einer Bodenart eine viel üppigere Ausbildung einzelner Theile, als auf allen anderen Bodenarten, auf denen sie vorkommen, und so wird durch den chemischen und geognostischen Einfluß des Bodens eine theilweise Umwandlung des Typus der Pflanzenarten veranlaßt, in Folge dessen Formen und Varietäten entstehen. Außerdem macht sich aber bei dem Wechsel der chemisch (und wahrscheinlich auch der geognostisch) verschiedenen Bodenarten ein Hervorrufen von Gegensätzen in der Art bemerkbar, daß analoge Pflanzenarten sich auf den verschiedenen Bodenarten zu bedingen scheinen. Man nennt dieses eigenthümliche Verhältniß ein stellvertretendes und solche Arten vicarirende oder stellvertretende Pflanzenarten.

§. 339. Aus dem in den vorhergehenden §§. Angeführten gehen

folgende allgemeine pflanzengeographische Gesetze hervor, nemlich, daß je verschiedener der chemische und geognostische Charakter des Bodens eines Landstriches ist, je mehr chemisch verschiedene Bodenarten, und je mehr geognostische Formationen an der Zusammensetzung des Bodens Theil nehmen, desto reicher an Arten, desto zusammengesetzter die daselbst wachsende Vegetation ist, wenn das Klima überhaupt ein vegetatives Leben gestattet. Da in sehr großen, weit ausgedehnten Gebirgen und Gebirgssystemen das geognostische Substrat und folglich auch die chemische Beschaffenheit des Bodens vielmehr zu wechseln pflegt, als in Ebenen, so ist auch in der Regel die Vegetation der Gebirge aus viel mehr Arten zusammengesetzt und deßhalb um Vieles interessanter als die in ebenen Landstrichen, wobei jedoch auch die Verschiedenheit des Klimas, welche durch die Erhebung des Bodens in vertikaler Richtung bedingt wird (vergl. §. 330), eine Hauptrolle spielt.

2. Wasser.

§. 340. Das Wasser wirkt sowohl durch seine physikalischen, als auch durch seine chemischen Eigenschaften wesentlich auf die in und auf ihm vegetirenden Pflanzen ein. In physikalischer Beziehung theilt man es in stehendes und fließendes, warmes und kaltes, helles und trübes Wasser, in chemischer Beziehung in hartes und weiches, süßes, gesalzenes und mineralisches Wasser (über die Unterabtheilungen in chemischer Beziehung vergl. Bd. 3. S. 110).

§. 341. Die physischen Eigenschaften des Wassers begründen keinen auffallenden Einfluß auf die Vegetation; derselbe äußert sich in folgender Weise:

1) sehr kaltes und sehr heißes Wasser ist, wie überhaupt eine sehr niedrige und eine sehr hohe Temperatur, dem Pflanzenleben nachtheilig, und ernährt daher nur sehr wenige und meist höchst unvollkommene Pflanzen;
2) schnell fließendes oder heftig bewegtes Wasser, wie Stromschnellen oder Wasserfälle und die Brandung der See, wirkt hindernd auf die Entwicklung der Vegetation, weßhalb es nur wenige Pflanzen ernährt;
3) laues, langsam fließendes oder stehendes Wasser wirkt vortheilhaft auf das Pflanzenleben und zeigt, wenn die chemische Beschaffenheit desselben nicht störend wirkt, meist eine sehr reiche Vegetation;
4) helles und trübes Wasser ernährt je nach seinen übrigen physikalischen und den chemischen Eigenschaften bald viele, bald nur wenige Pflanzen.

Wichtiger auf das Pflanzenleben sind die chemischen Eigenschaften des Wassers und besonders wird durch die Gegenwart oder durch den Mangel an Salzen ein so durchgreifender Einfluß auf die Vegetation ausgeübt, daß dadurch eine völlig verschiedene Zusammensetzung und ein ganz verschiedener physiognomischer Charakter derselben bedingt wird, was besonders auffallend an den Vegetationen des Meeres und der süßen Binnengewässer hervortritt. Die Mehrzahl der Wasserpflanzen findet sich in salzigem Wasser, während dagegen in süßem Wasser bei weitem vollkommenere Pflanzen wachsen, von denen mehrere, wie die Nymphäaceen und Nelumbieen, zu den vollkommensten Gewächsen gehören. Auch die mineralischen

Wässer besitzen eine eigenthümliche, jedoch wenig artenreiche und meist aus Algen bestehende Vegetation.

3. Luft.

§. 342. Die atmosphärische Luft kann nur da als Pflanzenboden in Betracht kommen, wo die Gewächse hinsichtlich ihrer Ernährung lediglich auf luft- und dampfförmige Stoffe angewiesen sind, wie es bei sämmtlichen Pseudoparasiten, zu denen beispielsweise die auf Bäumen wachsenden Orchideen und Aroideen der Tropengegenden, besonders auch die Flechten gehören. Daß die physikalische und chemische Beschaffenheit der atmosphärischen Luft großen Einfluß auf die Vegetation übt, ist ganz unzweifelhaft. In physikalischer Beziehung unterscheidet man zwischen kalter und warmer, bewegter und stehender, freier und eingeschlossener Luft, in chemischer Beziehung zwischen reiner (unvermischter) und unreiner Luft, d. h. solcher Luft, welche Dämpfe und Gase von ungewöhnlicher Beimischung enthält.

§. 343. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften äußern nicht allein auf die wirklichen Luftpflanzen, sondern auf alle übrigen Gewächse einen hohen Einfluß und bedingen zum Theil das Vorkommen derselben und die Vertheilung der Vegetation. Was in Bezug auf die physikalischen Eigenschaften zu sagen wäre, so fällt dieses mit den in vorhergehenden §§. Angeführten zusammen. Der chemische Einfluß auf die Vegetation ist im Allgemeinen weniger auffallend und deutlich als der des Wassers und des Bodens, indem die Mischungsverhältnisse der atmosphärischen Luft nicht so sehr differiren, wie die des Wassers oder des Bodens; da jedoch, wo sich größere Mengen fremder Gase oder Dämpfe, wie Kohlensäure in der Nähe von Vulkanen, Solfataren und Mineralquellen, oder schwefelige Säure in der Nähe von Vulkanen oder in der Nachbarschaft von Fabriken, ferner arsenige und andere Mineralsäuren der atmosphärischen Luft beimischen, wird, wenn auch nur auf einem beschränkten Raum, die Vegetation benachtheiligt oder auch gänzlich vernichtet. Dagegen wirkt der in der atmosphärischen Luft enthaltene Wasserdampf ungemein günstig auf die Vegetation und diese selbst ist, wenn die anderen Bedingungen vorhanden sind, immer da am üppigsten und reichsten, wo sich der atmosphärischen Luft viel Wasserdämpfe mittheilen, wie in den tiefen Waldthälern der Gebirge der Tropen- und Aequatorialzone.

4. Bodenpflanzen der Schmarotzer.

§. 344. Die Pflanzen, auf welchen die Parasiten vorkommen, müssen, insofern diese mittels der Wurzeln oder besonderer Saugapparate den zur Vegetation nothwendigen Saft aus jenen entziehen, ebenfalls zum Pflanzenboden gezählt werden. In wie fern aber der Saft in den Nährpflanzen selbst schon assimilirt sein muß, darüber weiß man bis jetzt so wenig, als über das Verhältniß bestimmter Nährpflanzen zu bestimmten Parasiten; daß jedoch eine zu reichliche Entziehung des Saftes der Nährpflanzen durch Parasiten nachtheilig auf jene selbst wirken und Krankheiten und selbst das Absterben jener veranlassen kann, davon ist bereits §. 216 gehandelt werden.

Zweite Abtheilung.

Topographie der Vegetation.

§. 345. Die Topographie der Pflanzen oder die Geographie der Pflanzen im engeren Sinn befaßt sich damit, die verschiedenartigen Verhältnisse des Vorkommens, der Verbreitung und der Vertheilung der Individuen, Arten, Gattungen, Familien und der gesammten Vegetation zu erörtern. Unter dem Vorkommen einer Pflanze wird sowohl deren Erscheinen an bestimmten Orten, als auch auf einer bestimmten Bodenart oder unter bestimmten physikalischen Verhältnissen, und endlich das Vorhandensein einer Pflanze in einer bestimmten Gegend oder einem Landstrich von größerer Ausdehnung verstanden. Die Lokalitäten, wo eine Pflanze vorkommt, sie mögen rein topographisch oder physikalisch sein, werden die Standörter, stationes, die Gegend, das Gebirge, das Land, wo sich eine Pflanze einzig und allein findet, das Vaterland, patria, oder die Wohnung, habilitatio, genannt. Durch die Erforschung sämmtlicher Standörter einer Pflanze wird die Verbreitung, extensio, so wie die Art und Weise ihrer Vertheilung, distributio, ihrer Individuen innerhalb des Raumes, über welchen sie verbreitet ist, oder ihr Verbreitungsbezirk, area, ermittelt. Die Lehre von den Standörtern, der Vertheilung und Verbreitung der Pflanzen im Allgemeinen bildet den allgemeinen Theil der Topographie oder die allgemeine Topographie der Pflanzen, dagegen die Schilderung der Standörter, Verbreitung und Vertheilung der einzelnen Arten, Gattungen, Familien u. s. w. die specielle Topographie, welche einen integrirenden Theil der beschreibenden Botanik ausmacht, weßhalb in nachfolgenden §§. nur die allgemeine Topographie erörtert wird.

§. 346. Da die Species selbst bloß ein abgeleiteter Begriff, nichts wirklich Existirendes ist, so ist es selbstverständlich, daß bloß die Individuen Standörter haben können und bei den Arten, Gattungen und Familien nur von einem Vaterland die Rede sein kann. Der Standort, statio, ist daher die Stelle, wo ein oder mehrere Individuen einer Art wachsen. Die Standörter lassen sich unter dreierlei Gesichtspunkten betrachten, nemlich:

1) nach dem Medium, auf welchem die Pflanzen wachsen, demzufolge man Landpflanzen (ober- und unterirdische Pflanzen,) ächte und unächte Wasserpflanzen, Luftpflanzen und Schmarotzerpflanzen zu unterscheiden hat. Die auf festem Boden wachsenden Pflanzen werden
   a. hinsichtlich des Aggregatzustandes des Bodens in Felsenpflanzen, Steinpflanzen, Geröllepflanzen, Schuttpflanzen, Erdpflanzen, Moorpflanzen und Schlammpflanzen,
   b. hinsichtlich der geognostischen Beschaffenheit in Granitpflanzen, Porphyrpflanzen, Glimmerschieferpflanzen, Thonschieferpflanzen, Basaltpflanzen, Trachytpflanzen, Vulkanpflanzen, Kreidepflanzen, Jurapflanzen u. s. w.

c. hinsichtlich des chemischen Charakters des Bodens in Kieselpflanzen, Thonpflanzen, Kalkpflanzen, Gypspflanzen, Dolomitpflanzen, Talkpflanzen, Salzpflanzen und Torfpflanzen.
d. hinsichtlich der Erhebung des Bodens und der durch die abnehmende Temperatur bedingten Verhältnisse in Hügelpflanzen, Bergpflanzen, Alpenpflanzen, Gletscherpflanzen und Schneepflanzen, und
e. hinsichtlich der Nachbarschaft des Wassers in Uferpflanzen und Strandpflanzen unterschieden; hierher sind auch die an überschwemmten Plätzen und die sowohl im Wasser als auf dem Lande wachsenden oder sog. amphibischen Pflanzen zu rechnen.

Die im Wasser wachsenden Pflanzen sind:
a. in physikalischer Hinsicht in Quellenpflanzen, Bachpflanzen, Flußpflanzen, fluthende und stagnirende Pflanzen, Teichpflanzen, Sumpfpflanzen, Grabenpflanzen und Pflanzen heißer Mineralquellen,
b. in chemischer Hinsicht in Süßwasserpflanzen, Salzwasserpflanzen, Meerpflanzen und Mineralwasserpflanzen zu unterscheiden.

2) nach der Art und Weise der Beleuchtung des Standortes sind zu unterscheiden: Sonneliebende und Schattenliebende Pflanzen, Höhlenpflanzen und Grubenpflanzen.

3) hinsichtlich der Beschaffenheit der die Pflanzen umgebenden Vegetation oder der Gesellschaft zerfallen die Standörter der Pflanzen
a. nach dem angebauten Boden in Gartenpflanzen, Ackerpflanzen, Saatpflanzen, Brachpflanzen u. s. w., wohin auch noch die an Rainen, Ackerrändern, Wegen, Häusern, Mauern, Wänden, Dörfern und Städten, auf Dächern und an Hecken wachsenden Pflanzen zu rechnen sind, während die sog. Unkräuter zu der folgenden Abtheilung gehören, und
b. nach dem unangebauten, der Natur überlassenen Boden in Feld- und Flurpflanzen, Wüsten- und Steppenpflanzen, Gebüschpflanzen, Waldpflanzen, Sumpfpflanzen, Haidepflanzen, Wiesenpflanzen u. s. w.

§. 347. So wie die Individuen einer Pflanzenart über einen bestimmten Raum der Erdoberfläche verbreitet sind und jede Art einen bestimmten Verbreitungsbezirk hat, so sind auch die Arten einer jeden Gattung und die Gattungen einer jeden Familie auf einem bestimmten Raum der Erdoberfläche verbreitet und bilden Verbreitungsbezirke der Gattungen und Familien. Der Verbreitungsbezirk einer Art, Gattung oder Familie ist ein doppelter, nemlich ein horizontaler bei allen auf Ebenen wachsenden Pflanzen, und ein vertikaler bei allen an Abhängen von Bergen vorkommenden Pflanzen; beide werden durch Grenzen eingeschlossen und zwar ersterer durch eine Polar- und Aequatorgrenze und durch eine Ost- und Westgrenze, letzterer durch eine obere und

untere Grenze, so wie auch durch eine rechte und linke Grenze. Bei der horizontalen Verbreitung wird die in der Richtung der Meridiane die Breitenzone, diejenige in der Richtung von der Ost- nach der Westgrenze die Längenzone genannt. Die Längenzonen haben in der Regel eine größere Ausdehnung, als die Breitenzonen, und bilden meist Gürtel, welche in der Aequatorialzone mit den Isothermen, in den übrigen Zonen mit den Isotheren parallel laufen. Die meisten dieser Gürtel erstrecken sich bloß über einen Theil der Erdoberfläche, werden um so kleiner, je näher sie dem Aequator liegen und nur selten erstrecken sie sich um die ganze Erde. Nur in wenigen Fällen ist die Breitenzone größer als die Längenzone. Bei der vertikalen Verbreitung wird jeder Bezirk mit Region bezeichnet und diese in die untere, mittlere und obere Region unterschieden.

§. 348. Die gesammte Vegetation der Erdoberfläche wird in horizontaler Richtung nach Zonen, in vertikaler nach Regionen unterschieden. Die Vegetationszonen stimmen im Allgemeinen mit den bekannten geographischen Zonen, in welche eine jede Halbkugel eingetheilt worden ist, nemlich mit der heißen, gemäßigten und kalten Zone überein, werden aber nicht durch die Parallelkreise, sondern durch die Isothermen begrenzt. Da jedoch die Vegetationszonen zu groß werden würden, wenn man ihnen die geographischen Zonen zu Grunde legte, so werden von den meisten Pflanzengeographen nach Meyen's Vorgang acht Vegetationszonen aufgestellt, nemlich:

1) Die Aequatorial- und Aequinoctialzone oder die Zone der Bananen und Palmen, vom Aequator bis 15° Breite, zwischen den Isothermen von + 28 und 26° C. gelegen;
2) die tropische Zone oder die Zone der Feigen und Baumfarrn, von 15 bis 23° Breite, zwischen den Isothermen von + 26 und + 23° C. gelegen;
3) die subtropische Zone oder die Zone der Myrten und Lorbeeren, von 23 bis 34° (in der westlichen Mediterranregion bis 38°) Breite, zwischen den Isothermen von + 23 und + 17° C. gelegen;
4) die wärmere gemäßigte Zone oder die Zone der immergrünen Laubhölzer, von 34 bis 45° Breite, zwischen den Isothermen von + 17 und + 12° C. gelegen;
5) die kältere gemäßigte Zone oder die Zone der blattwechselnden Laubhölzer, von 45 bis 58° Breite, zwischen den Isothermen von + 12 und + 6° C. gelegen;
6) die kalte oder subarctische Zone oder die Zone der Nadelhölzer, von 58 bis 66° Breite, zwischen den Isothermen von + 6 und + 4° C. gelegen;
7) die arctische und antarctische Zone oder die Zone der Alpensträucher, von 66 bis 72° Breite, zwischen den Isothermen von + 2 und + 0° C. gelegen, und
8) die Polarzone oder die Zone der Alpenkräuter, von 72° Breite an und mit der Isotherme 0° C.

Die zwischen den Wendekreisen und besonders unter dem thermischen Aequator diesen acht Zonen entsprechenden Vegetationsregionen sind:

1) die heiße Region oder die Region der Bananen und Palmen, vom Meeresufer an bis 1900′ par. Höhe, mit mittlerer Temperatur von + 27 bis + 23° C.;
2) die untere wärmere Region oder die Region der Feigen und Baumfarrn, von 1900 bis 3800′ par. Höhe und mit mittlerer Temperatur von + 23 bis 20° C.;
3) die obere warme Region oder die Region der Myrten und Lorbeeren, von 3800 bis 5700′ Höhe und + 20 bis + 17° C. mittlerer Temperatur;
4) die laue Region oder die Region der immergrünen Laubhölzer, von 5700 bis 7600′ Höhe und + 17 bis 14° C. mittlerer Temperatur;
5) die kühle Region oder die Region der blattwechselnden Laubhölzer, von 7600 bis 9500′ Höhe und + 14 bis + 11° C. mittlerer Temperatur;
6) die kalte Region oder die Region der Nadelhölzer, von 9500 bis 11400′ Höhe und + 11 bis + 7° C. mittlerer Temperatur;
7) die untere Schneeregion oder die Region der Alpensträucher, von 11400 bis 13300′ Höhe und + 7 bis + 3° C. mittlerer Temperatur; und
8) die obere Schneeregion oder die Region der Alpenkräuter, von 13300 bis 15200′ und darüber (im Hamalaya bis 17000′) Höhe und + 3 bis + 0° oder noch niedrigerer mittlerer Temperatur.

Für die Gebirge der subtropischen und wärmeren gemäßigten Zone lassen sich die Regionen 1) als untere warme Region, 2) als obere warme Region, 3) als untere Bergregion, 4) als obere Bergregion, 5) als untere Alpenregion, 6) als obere Alpenregion, 7) als untere Schneeregion und 8) als obere Schneeregion und für die Gebirge der kälteren gemäßigten und subarctischen Zone 1) als Region der Ebene oder des Hügellandes, 2) als Bergregion, 3) als untere Alpenregion, 4) als obere Alpenregion und 5) als Schneeregion charakterisiren.

Anmerk. Durch Kultur kann der ursprüngliche Verbreitungsbezirk einer Pflanze sehr bedeutend verändert werden, indem durch Acclimatisirung derselben ihre Aequatorial- oder Polargrenze, die östliche und die westliche Grenze, so wie die obere und untere Grenze weiter hinausgeschoben werden kann, wie es z. B. bei den Getreidearten der Fall ist, die ursprünglich gewiß nur einen sehr kleinen Bezirk und eine entsprechende Region inne gehabt haben, jetzt aber sehr ausgedehnte Bezirke und Regionen einnehmen.

§. 349. Die Verbreitung der Pflanzen wird vorzüglich durch die klimatischen Verhältnisse bedingt, neben welchen aber noch die Strömungen des Wassers und der Luft eine sehr wichtige Rolle spielen, indem durch dieselben die Samen vieler Pflanzen über weite Strecken der Erdoberfläche verbreitet werden können. So werden die Samen der Berg- und Alpenpflanzen durch Wasserströmungen nach der Ebene herab, die Samen der Pflanzen des einen Continents durch die Meeresströmungen nach den Ufern

eines anderen Continents hinüber- und in noch weit größerem Maßstab durch die Luftströmungen die mit Haarkronen, Flügeln u. s. w. versehenen Samen der Pflanzen eines Bezirks nach einer weit entfernten Gegend weggeführt, keimen und verursachen eine dem Landstrich ursprünglich fremde Vegetation.

§. 350. Während die Individuen einer Art ziemlich gleichmäßig über den ganzen Verbreitungsbezirk vertheilt sind und in diesem Fall meist einzeln oder wenigstens nicht massenhaft beisammen wachsend auftreten, kommen die Individuen anderer Arten innerhalb des Bezirkes truppweise bei einander wachsend, auch wohl in dichten Massen über größere Räume verbreitet, gesellig bei einander wachsend vor. Die letzteren haben einen wesentlichen Einfluß auf den Charakter und die Physiognomie der Vegetation. Zu diesem geselligen, vorzüglich durch den übereinstimmenden Aggregatzustand und chemischen Charakter des Bodens bedingten Wachsthum sind besonders die Pilze, Flechten und Moose, aber auch die Alpenpflanzen, die Nadelhölzer, manche Laubhölzer u. A. geneigt. Andere Pflanzenarten sind in der Weise vertheilt, daß in einer bestimmten Gegend ihres Verbreitungsbezirkes oder ihrer Region die meisten Individuen vorkommen, von da aber nach den Grenzen des Bezirks oder der Region hin die Zahl der Individuen allmählig oder plötzlich abnimmt; solche Pflanzen haben also ein Maximum ihres Vorkommens und man sagt von ihnen, daß sie an jener die meisten Individuen enthaltenden Stelle ihr Maximum erreichen. Andere Pflanzenarten sind in einzelnen Individuen über die ganze Erdoberfläche zerstreut und haben ihre Standörter oft sehr weit von einander entfernt; sie werden sporadisch vorkommende Pflanzen genannt und die Grenzen dieser im Ganzen nur wenigen Pflanzen sind oft gar nicht zu bestimmen. Auch einzelne Individuen von Pflanzenarten mit bestimmtem Verbreitungsbezirk werden weit außerhalb der Grenzen gefunden und treten dann ebenfalls sporadisch auf. Die Mehrzahl der Pflanzen bewohnt aber nur einen Theil der Erdoberfläche und sehr wenige Arten giebt es, deren Individuen über die ganze Erdoberfläche verbreitet sind, die dann kosmopolitische Pflanzen genannt werden. Es giebt endlich, wenn auch nur sehr wenige, Pflanzenarten, deren Individuen nur an einem einzigen Punkt der Erdoberfläche vorkommen. Dasselbe, was vorstehend über die Vertheilung der Individuen gesagt worden ist, gilt auch auf die Arten und Gattungen.

§. 351. Durch die eigenthümliche Vertheilung der Gattungen und Familien auf der Erdoberfläche und durch die daraus entspringende eigenthümliche Zusammensetzung der Vegetationsdecke sind Pflanzengeographen veranlaßt worden, die gesammte Erdoberfläche in pflanzengeographische Reiche und Provinzen einzutheilen. Unter diesen Versuchen ist, wenn er auch manche Inconsequenzen enthält, der von Schouw anzuführen. Dieser Naturforscher hat bei der Aufstellung seiner pflanzengeographischen Reiche und Provinzen die Regeln aufgestellt, daß demjenigen Theil der Erde, welcher zu einem Reich erhoben werden soll, wenigstens die Hälfte der bekannten Arten eigenthümlich sein, daß ferner wenigstens ein Viertheil der Gattungen diesem Lande entweder ausschließlich angehören oder daselbst wenigstens so vorherrschen müssen, um sie in anderen Ländern nur

als Repräsentanten betrachten zu dürfen, und daß endlich ein solches Land sogar einzelne Familien eigenthümlich besitzen oder doch wenigstens daselbst das Maximum des Vorkommens derselben stattfinden muß. Die etwa nöthigen Provinzen eines solchen Reiches müssen wenigstens ein Viertheil eigenthümlicher Arten und einige eigenthümliche Gattungen besitzen. Demzufolge wurden, wenn auch die Regeln nicht überall beachtet worden sind, von Schouw folgende Reiche und Provinzen für die Pflanzengeographie aufgestellt.

1. Reich. Das Reich der Saxifragen und Moose oder Wahlenberg's Reich; alpinisch-arctische Flora;
   a. Provinz der Riedgräser; arctische Flora;
   b. Provinz der Primulaceen und Phyteumen; Alpenflora der extratropischen Gegenden der nördlichen Hemisphäre.
2. Reich. Das Reich der Umbellaten und Cruciferen oder Linné's Reich, Nord- und Mitteleuropa bis zum Nordabhang der Alpen, der Pyrenäen, des Balkans und Kaukasus und einen in gleichen Breiten durch Nordasien laufenden Gürtel umfassend;
   a. Provinz der Cichoriaceen; nord- und mitteleuropäische Flora;
   b. Provinz der Astragalen, Halophyten und Cynarocephalen; nordasiatische Flora.
3. Reich. Das Reich der Labiaten und Caryophyllaceen oder Decandolle's Reich, die gesammte Mediterranregion, d. h. die an das mittelländische und schwarze Meer grenzenden Länder, die canarischen Inseln und die Azoren umfassend;
   a. Provinz der Cistineen; Spanische und Portugiesische Flora;
   b. Provinz der Scabiosen und Salvien; Südfranzösische, Italienische und Sicilianische Flora;
   c. Provinz der strauchartigen Labiaten; Levantische und Griechische Flora;
   d. Provinz Nordafrika; Nordafrikanische Flora.
   e. Provinz der Semperviven; Canarische und Azorische Flora.
4. Reich. Das Reich der Aster- und Solidago-Arten oder Michaux's Reich, die nördlichen und mittleren vereinigten Staaten Nordamerika's umfassend.
5. Reich. Das Reich der Magnolien oder Pursh's Reich, umfaßt die südlichen vereinigten Staaten, Florida und Texas.
6. Reich. Das Reich der Camellien und Celastrineen oder Kämpfer's Reich, erstreckt sich über Japan und das mittlere China.
7. Reich. Das Reich der Scitamineen oder Roxburgh's Reich, umfaßt Vorder- und Hinterindien.
8. Reich. Das Reich des indischen Hochlandes oder Wallich's Reich, erstreckt sich über den Südabhang des Himalaya-Gebirges.
9. Reich. Das Reich der Balsambäume oder Forskål's Reich, umfaßt das südwestliche Afrika.

10. Reich. Das Reich der Wüsten oder Delile's Reich, umfaßt das mittlere Arabien und Afrika in der Breite der großen Wüste Sahara.

11. Reich. Das Tropisch-afrikanische oder Adanson'sche Reich, erstreckt sich über den afrikanischen Continent südlich von den Grenzen des vorhergehenden Reiches bis zum Wendekreis des Steinbocks, außerdem auch Madagascar und die Mascareninseln.

12. Reich. Das Hochjavanische oder Blume'sche Reich, erstreckt sich über die Gebirge von Java, Sumatra und Borneo.

13. Reich. Das Polynesische oder Reinwardt'sche Reich, aus den Philippinen, Molukken, Sundainseln, Neu-Guinea und dem tropischen Australien bestehend.

14. Reich. Das Oceanische oder Chamisso'sche Reich, umfaßt die innerhalb der Wendekreise gelegenen Südseeinseln.

15. Reich. Das Reich der Cactus- und Piper-Arten oder Jacquin'sche Reich, umfaßt das Mexikanische Tiefland und Südamerika bis zum Amazonenstrome mit Ausnahme der höheren Gebirgsregionen.

16. Reich. Das Reich des Mexikanischen Hochlandes oder Bonpland'sche Reich, begreift in sich die höheren Regionen Mexiko's und des Panamischen Isthmus.

17. Reich. Das Reich der Cinchonen oder Humboldt'sche Reich, erstreckt sich über die mittleren Regionen der Peruanischen Cordilleren.

18. Reich. Das Reich der Escallonien und Calceolarien oder Ruiz'- und Pavon'sche Reich, erstreckt sich über die höchsten Regionen der südamerikanischen Cordilleren und des Bolivischen Hochlandes.

19. Reich. Das Westindische oder Swartz'sche Reich, erstreckt sich über die westindischen Inseln.

20. Reich. Das Reich der Palmen und Melastomen oder Martius'sche Reich, erstreckt sich über Brasilien bis zum Wendekreis des Steinbocks.

21. Reich. Das Reich der baumartigen Compositen oder St. Hilaire'sche Reich, erstreckt sich über Südbrasilien, Chile und Buenos-Ayres.

22. Reich. Das antarctische oder d'Urville'sche Reich, umfaßt Patagonien, das Feuerland und die Falklandsinseln.

23. Reich. Das Reich der Stapelien und Mesembryanthemen oder Thunberg'sche Reich, erstreckt sich über das südliche Afrika vom Wendekreis des Steinbocks bis zum Kap der guten Hoffnung.

24. Reich. Das Reich der Eucalypten und Epacrideen oder Rob. Brown'sche Reich, umfaßt das extratropische Australien und Vandiemensland.

25. Reich. Das Neuseeländische oder Forster'sche Reich, erstreckt sich über Neuseeland und die benachbarten Inseln.

Eine mehr naturgemäße Eintheilung ist von Römer aufgestellt worden; derselbe nimmt nemlich neun Reiche, das nordische, mittelän-

dische, südasiatische, ostindische, oceanische, afrikanische, mittelamerikanische, südamerikanische und antarctische Reich auf, welche wiederum in mehrere Floren zerfallen.

Dritte Abtheilung.

Statistik der Vegetation.

§. 352. Die Pflanzenstatistik hat zur Aufgabe: 1) die Gesammtzahl der Arten, aus welcher die gegenwärtige Vegetation der Erde besteht, so wie die der einzelnen pflanzengeographischen Zonen, Regionen, Reiche und Provinzen zu ermitteln, 2) die Verhältnisse, in denen die Artenzahl der einzelnen Zonen, Regionen, Reiche und Provinzen zur Gesammtzahl der Vegetation steht, kennen zu lernen, 3) die Verhältnisse, in denen die Artenzahl der einzelnen Gattungen und Familien, so wie der größeren systematischen Abtheilungen zur Gesammtzahl der Pflanzenarten steht, nachzuweisen, und 4) die Verhältnisse darzulegen, in denen die Artenzahl der Gattungen, Familien u. s. w. in jeder Zone oder Region und in jedem Reich oder in jeder Provinz zur Gesammtzahl der Arten des betreffenden Reiches oder der betreffenden Provinz, Region oder Zone steht, und die Vegetationen (Floren) der einzelnen pflanzengeographischen Abtheilungen der Erdoberfläche ihrer numerischen Zusammensetzung nach mit einander und mit der Gesammtheit der Vegetation der Erde zu vergleichen. Hieraus ergiebt sich aber, daß die Pflanzenstatistik nicht nur ein sehr weites Feld der Forschung hat, sondern auch das, daß ihre Aufgabe eine sehr schwierige ist und bis jetzt noch nicht gelöst werden und dieses erst dann geschehen kann, wenn alle oder doch wenigstens die überwiegende Mehrheit der Arten, welche die Vegetationsdecke der Erde bedecken, gekannt sein werden. Jetzt sind aber noch große Ländergebiete fremder Welttheile und selbst einige europäische Länder noch fast gänzlich unerforscht oder doch noch nicht so genau untersucht, daß die Artenzahl der in ihnen vorkommenden Pflanzen nur annäherungsweise bestimmt werden könnte. Hierzu gesellt sich noch der schwankende Begriff von Art, Gattung und Familie von Seiten der Systematiker und die hieraus entspringende Unbeständigkeit der Zahl der bekannten Arten, Gattungen u. s. w. Die Grundlagen der gegenwärtigen Pflanzensystematik sind daher sehr unsicher; jedoch läßt sich jetzt mit Hülfe der aus den bekannten Florengebieten abgeleiteten Zahlen die Art und Weise der Vertheilung und Zusammensetzung der gesammten Vegetation der Erde erkennen und schon jetzt bestätigen die Resultate der bisher ausgeführten statistischen Untersuchungen die Richtigkeit der in der Klimatologie und Topographie aufgestellten Ansichten und Gesetze über die Verbreitung der Pflanzen.

§. 353. Trotzdem die Zahl der bekannten Pflanzenarten seit Linné, welcher deren 8000 kannte, sich um das 10- bis 15fache vermehrt hat, so

darf man nach Analogien schließen, daß dieselbe wenigstens 300000 beträgt. Nimmt man (nach Willkomm) die Zahl der bekannten Pflanzenarten zu 85000 an, so vertheilt sich dieselbe nach den systematischen Hauptabtheilungen in 57000 Dikotyledonen, 13000 Monokotyledonen, 1000 Gymnospermen und 14000 Sporenpflanzen und letztere in 5000 Farrn, Equisetaceen, Rhizocarpeen und Lycopodiaceen, 2300 Laubmoose, 700 Lebermoose, 2500 Algen, 500 Flechten und 3000 Pilze. Die Samenpflanzen und unter diesen die Dikotyledonen bilden also den überwiegenden Theil der Pflanzenarten, während unter den Sporenpflanzen die Gefäße führenden Arten vorherrschen; es ist sehr wahrscheinlich, daß auch bei der Gesammtvegetation der Erde, wenn uns dieselbe gänzlich bekannt werden sollte, ähnliche Zahlenverhältnisse herrschen werden.

§. 354. Will man mit einem Blick die Zusammensetzung der Vegetation übersehen, so vergleicht man die Summen sämmtlicher einer größeren Abtheilung (einer Klasse, Ordnung und ebenso der einzelnen Familien und Gattungen) mit der Gesammtsumme der Arten, aus denen die Vegetation besteht, und drückt das gefundene Resultat entweder durch einen gemeinen Bruch oder durch ein arithmetisches Verhältniß aus. Auf diese Weise bilden die Gymnospermen den 85. Theil der gesammten bekannten Vegetation, also $^1/_{85}$ oder sie verhalten sich zur Gesammtvegetation wie 1 : 85; die Dikotyledonen bilden $^2/_3$ der Gesammtvegetation oder verhalten sich zu dieser wie 2 : 3 u. s. w. Die Compositen machen über $^1/_{10}$ der Gesammtvegetation aus oder verhalten sich zu dieser wie 1 : 10,64. Durch derartige Vergleichungen läßt sich leicht ein Blick über die Zusammensetzung irgend einer Vegetation und über deren Unterschied von einer anderen oder Verwandtschaft mit einer anderen verschaffen; so verhalten sich zur bekannten Gesammtvegetation

	in der heißen,	in der gemäßigten,	in der kalten Zone.
die Gramineen	— 1: 14,	— 1: 12,	— 1: 10,
die Leguminosen	— 1: 10,	— 1: 18,	— 1: 35,
die Cruciferen	— 1: 800,	— 1: 18,	— 1: 24,
die Umbelliferen	— 1: 500,	— 1: 40,	— 1: 60,
die Compositen	— 1: 18,	— 1: 8,	— 1: 13.

§. 355. In Folge der bis jetzt angestellten statistischen Untersuchungen der bekannten Vegetationsgebiete sind folgende allgemeine pflanzengeographische Gesetze aufgestellt worden:

1) die Zahl der Arten, Gattungen und Familien nimmt in der Richtung von den Polen nach dem Aequator zu;
2) die Artenzahl der Sporenpflanzen wächst im Verhältniß zu derjenigen der Samenpflanzen in der Richtung von dem Aequator nach den Polen hin;
3) die Artenzahl der Monokotyledonen nimmt im Verhältniß zu derjenigen der Dikotyledonen vom Aequator nach den Polen zu;
4) die Artenzahl der Dikotyledonen nnd der Gymnospermen wächst nach dem Aequator zu; hieraus und aus **2** geht hervor, daß

5) die Vegetation von den Polen nach dem Aequator hin an Höhe der Ausbildung und Vollkommenheit zunimmt:
6) die baum- und strauchartigen Gewächse erreichen ihr Maximum in der heißen, die monocarpischen (ein- und zweijährigen) in der gemäßigten, die rhizocarpischen in der kalten Zone;
7) die Intensität und Mannichfaltigkeit der Farben nimmt von den Polen nach dem Aequator hin zu;
8) gleich der Zahl der Arten, so nimmt auch die Zahl der Individuen im Allgemeinen nach dem Aequator hin zu; dagegen werden
9) die Arten desto geselliger, je weiter man sich vom Aequator entfernt und gegen die Pole vorschreitet, während gegen den Aequator ihre Geselligkeit abnimmt und die Arten desto mannichfaltiger unter einander gemengt sind, woraus sich ergiebt, daß
10) die Vegetation um so einförmiger wird, je weiter man gegen die Pole, dagegen aber um so mannichfaltiger und vielgestalteter, je weiter man gegen den Aequator hindringt;
11) die Vegetation der Meere und der Gewässer überhaupt ist gleichförmiger über alle Länder und Zonen verbreitet, als die Vegetation des Landes;
12) die Verbreitungsbezirke der niedrigen Pflanzen besitzen eine größere räumliche Ausdehnung, als die der höheren Pflanzen, und
13) die Inseln sind im Allgemeinen ärmer an Pflanzen, als das feste Land, und zwar tritt eine solche Armuth um so mehr hervor, je weiter die Inseln vom festen Land entfernt sind.

Vierte Abtheilung.

Physiognomik der Vegetation.

§. 356. Die Aufgabe der Vegetationsphysiognomik ist, den eigenthümlichen Charakter jeder Zone und jeder Region, und die festen Typen, die den Charakter einer Zone oder Region ausmachen, kennen zu lehren und das Gesammtaussehen und den Totaleindruck der Vegetation in den verschiedenen pflanzengeographischen Zonen, Regionen, Reichen u. s. w. zu schildern. Die Verschiedenartigkeit des physiognomischen Charakters in der Vegetation wird aber nicht durch die verschiedenartige specifische Zusammensetzung, eben so wenig durch die Ueppigkeit oder Dürftigkeit in der Vegetation, sondern vielmehr durch die Vertheilung gewisser in der Vegetation vorherrschenden

Pflanzengruppen von vielleicht sehr verschiedener specifischer Zusammensetzung, aber übereinstimmender äußerer Form des ganzen Pflanzenkörpers und des gesammten Wuchses bedingt. Solche die Physiognomie der Vegetation bestimmenden Pflanzengruppen werden die Pflanzenformen genannt, welche kennen zu lehren die zweite Aufgabe der Vegetationsphysiognomik ist. Hiernach ist die Vegetationsphysiognomik in die Lehre von den Pflanzenformen oder in die Physiognomik der Pflanzen (im engeren Sinn) und in die Lehre von den Vegetationsformen oder in die Physiognomik der Vegetation zu trennen, und erstere voraus zu erörtern, während die specielle Physiognomik einzelner Reiche den Beschluß bildet.

I. Lehre von den Pflanzenformen. Physiognomik der Pflanzen.

§. 357. Durch v. Humboldt, welcher zu diesem Zweige der botanischen Wissenschaft den Grund gelegt hat, wurden 16 den Charakter der Vegetation bestimmende Pflanzenformen aufgestellt, wobei er jedoch nur diejenigen aufzählt, welche er auf seinen Reisen in Europa, Asien und Amerika zwischen dem 60sten Grad nördlicher und dem 12ten Grad südlicher Breite kennen gelernt hat. Meyen vermehrte die Zahl dieser Pflanzenformen bis auf 24 und Willkomm bis auf 36, die in nachfolgenden Paragraphen kurz geschildert werden.

§. 358. Die Gräserform erstreckt sich über die Gramineen oder ächten Gräser, Cyperaceen oder Scheingräser, Juncaceen, Typsaceen und andere monokotyledonische Kräuter mit Grasblättern, schlanken Stengeln und unscheinbaren kleinen Blüthen. Ausgezeichnet durch die weite Verbreitung und durch das gesellige Vorkommen ihrer Individuen bestimmen die grasartigen Gewächse fast in allen Zonen und Regionen den Vegetationscharakter ganzer Gegenden. In dem kalten und in dem kälteren Theil der gemäßigten Zonen beider Hemisphären tritt die Grasform niedrig auf; ihre zarten, dicht beisammen stehenden Halme und ihre schmalen, buschigen Basilarblätter bilden hier Wiesen und Grastriften und an Gebirgsabhängen, in Flur und Wald, die Cerealien die wogenden Getreidefelder mit steter Farbenveränderung das Ansehen vom jungen Halm bis zur Reife der Körner. In den wärmeren Gegenden bilden die Reisfelder die entsprechende Form, und zeigen dort häufig allein das saftige Grün, an das der Nordländer durch die Getreidefelder gewöhnt ist. In der subtropischen, tropischen und Aequatorialzone gestaltet sich die Grasform anders, indem neben einer Menge niedriger, aber meist ästiger Gräser und Scheingräser hier baumartige Formen, wie die Bambusaceen, in gleicher Geselligkeit wie die Pflanzen der nordischen Gräserform, dichte und hohe, oft bedeutend ausgedehnte Waldung bilden und in noch höherem Grad, als unsere niedrigen Gräser, den der Grasform eigenthümlichen Charakter tragen und den Naturcharakter des Landes bestimmen.

§. 359. Die Bananenform erstreckt sich über die Scitamineen und Musaceen, ist also eine nur der tropischen und subtropischen Zone eigenthümliche Form, welche hinsichtlich ihrer morphologischen Entwicklung eine auffallende Aehnlichkeit mit der Grasform hat; allein die Blätter der hierher gehörenden Pflanzen sind breit und ungemein groß, und die Blüthen

mit einer Farbenpracht geschmückt, welche den Gräsern gänzlich abgeht. Diese Form besitzt einen niedrigen, aber saftreichen, fast krautartigen Stamm, an dessen Spitze sich die dünn und locker gewebten, zart gestreiften und seidenartig glänzenden Blätter erheben. Die Pisangpflanzungen, durch welche die den Cerealien entsprechende Nahrung fast aller Bewohner des heißen Erdgürtels erzielt wird, bilden den Schmuck feuchter Gegenden.

§. 360. Die Pandanenform erstreckt sich über die Pandaneen und die Gattung Dracaena, ist also eine rein tropische Pflanzenform. Sie übt einen großen Einfluß auf die Physiognomie gewisser Landschaften der heißen Zone aus, denn sie zeichnet sich durch lange, linien-lanzettförmige Blätter, welche in regelmäßige Spirallinien gestellt den Gipfel gerader oder sich windender Stämme dick belauben und von glänzendem Grün sind, aus. Am eigenthümlichsten zeigen sich unter dieser Form die Pandaneen, wenn ihre Stämme mit Luftwurzeln bedeckt sind, die gleich dicken, straff angezogenen Tauen nach allen Richtungen hin in die Erde steigen und den Hauptstamm festhalten. In der Jugend besitzt die Pandanenform wegen des ungetheilten, einfachen Stammes der hierher gehörigen Pflanzen ein palmenartiges Ansehen, und erst im Alter tritt eine Verästelung des Stammes an der Spitze ein.

§. 361. Die Bromeliaceenform schließt sich unmittelbar der Pandanenform an, indem sie ganz auf dieselbe Weise geformte und gestellte Blätter hat, unterscheidet sich jedoch von ihr durch den fehlenden Stamm, durch das graublaue Grün, das oft sogar in ein bleifarbenes oder weißliches Grau verwandelt erscheint, und durch die Blüthenpracht der in große, aus dem Centrum der Blättermasse hervorbrechende Aehren und Rispen gestellten Blüthen. Viele der hierzu gehörenden Pflanzen, z. B. die meisten Bromelien, Tillandsien, Pitcairnien und Guzmannien leben pseudoparasitisch auf der Rinde und den Aesten anderer Bäume und verleihen den tropischen Wäldern eine ganz eigenthümliche Physiognomie; insbesonders ist zu erwähnen die Bromelia Pinguin, welche ihren mächtigen Blätterbüschel bis auf 12 Fuß Durchmesser ausdehnt und, obgleich selbst Schmarotzerpflanze, mit Moosen und anderen kleinen Schmarotzerpflanzen überzogen ist. In den Tropengegenden steigt die Bromeliaceenform bis in die höchsten Regionen der Gebirge, ja selbst bis in die des ewigen Schnees hinauf, erscheint aber hier in zwerghafter Gestalt, wie z. B. die kleinen Tillandsien auf den großen Höhen der Cordilleren die ausgedehntesten, durch die bleigraue Farbe ihres Laubes den einförmigsten Anblick gewährenden Rasen bilden und auf den Höhen von Mexiko eine andere Tillandsie die Coniferen und die Yuccabäume bedeckt und diese mehr weiß als grün erscheinen läßt.

§. 362. Die Agaven- oder Aloëform, eine ebenfalls rein tropische Form, hat viel Aehnlichkeit mit der vorigen, unterscheidet sich aber von ihr durch das bläuliche Grün ihrer fleischigen Blätter und ihre meist gestämmten Blätterbüschel. Die Aloëgewächse leben nicht gesellig und geben durch ihre vereinzelte Standörter in dürren Ebenen der Gegend oft einen eigenen melancholischen Charakter. Die Aloëarten gehören der alten, die Agavegewächse der neuen Welt an und letztere erreicht hier eine riesenhafte Größe; zu derselben gehören wegen der physiognomischen Aehnlichkeit auch

manche Bromeliaceen, so wie die baumartigen Yucca-Arten aus der Familie der Liliaceen.

§. 363. Die Palmenform ist unbedingt als die edelste zu betrachten und zu allen Zeiten und von allen Völkern als solche anerkannt worden. Sie umfaßt die Palmen mit Ausnahme der Cycadeen und der Rotangarten, und bildet schlanke, bisweilen stachlige, in der Regel ganz einfache Stämme, die bis 180 Fuß hoch werden, und hoch anstrebende Kronen glänzender, bald gefiederter, bald fächenförmiger, selten einfacher Blätter tragen. Durch die Richtung, Größe und Form dieser Blätter wird ein höchst verschiedener Charakter bedingt, denn während die in geringer Anzahl vorhandenen Blätter der auf den Granitblöcken der Cataracten des Orinokos wachsenden Jaguapalme von den glatten und schlanken, 70 bis 80 Fuß hohen Stämmen, die säulengangartig über das Dickicht des Laubwaldes hervorragen, fast senkrecht und 14 bis 16 Fuß hoch aufwärts gehen und eine luftige, leicht bewegliche, einem Federbusch ähnliche Krone bilden, beschatten die zahlreichen kolossalen Fächerblätter der amerikanischen Fächerpalmen horizontal ausgebreitet die ganze Umgegend und bieten die meist gesellig beisammen wachsenden und oft ganze Landstriche bedeckenden Zwergpalmen einen ganz anderen Eindruck. Im Allgemeinen verliert die Palmenform an Schönheit, je weiter man sich vom Aequator entfernt, und die Dattelpalme, welche in Südeuropa vorkommt und daselbst als eine Schönheit gilt, gehört nach dem Urtheil von Reisenden zu den am wenigsten schönen Arten.

§. 364. Die Farrnform schließt sich durch die Baumfarrn der Palmenform an, denn diese, den unteren Gebirgsregionen der Tropengegend eigenthümlich, haben durchaus ein palmenartiges Ansehen, allein ihr bis 70 Fuß hoher Stamm ist weniger schlank und viel rauher als der Palmenstamm, und die Wedel ihrer Krone sind viel zarter, durchscheinend und fein zerschlitzt; die Wedel der stammlosen Farrn sind von sehr verschiedener Form, doch meist fiederförmig zerschlitzt, bald sehr groß, bald sehr klein, die meisten durch ein helles angenehmes Grün ausgezeichnet und büschelförmig vereinigt. Die baumartigen Farrn kommen vereinzelt vor, während viele der stammlosen gesellig vorkommen und dann in ihrer Heimath, auf den Inseln und in den Küstenländern der warmen gemäßigten, subtropischen und tropischen Zone, einen entschiedenen Einfluß auf die Physiognomie der Vegetation ausüben. Viele stammlose Farrn leben auch pseudoparasitisch auf Bäumen und schmücken dieselben oft in der malerischsten Weise.

§. 365. Die Mimosenform oder die Form der Laubbäume mit fein und zart gefiederten Blättern umfaßt die Bäume aus den Gattungen Mimosa, Acacia, Desmanthus, Gleditschia, Sophora, Porleria, Tamarindus, Schinus u. A., ist den warmen Zonen eigenthümlich und gereicht denselben zu hohem Schmuck, besonders durch die bei der geringfügigsten Veranlassung stattfindende Bewegung der Blätter. Bei den Mimosen ist eine schirmartige Verbreitung der Zweige fast wie die der italienischen Pinie gewöhnlich, und die durch die zartgefiederten Blätter schimmernde Himmelsbläue des Tropenklimas verursacht einen überaus malerischen Effekt.

§. 366. Die Juglandineenform oder die Form der Laubbäume mit einfach und grob gefiederten Blättern, welche besonders durch den Wallnußbaum repräsentirt wird, hat entweder wie die Bäume der Gattungen Juglans, Fraxinus, Ailanthus, Rhus, Melia, Robinia u. A. und die Arten Sorbus aucuparia und domestica einjährige, abfallende und membranöse, oder wie Ceratonia Siliqua perennirende, stehenbleibende und lederartige Blätter. Diese Form ist besonders in Nordamerika und in Asien einheimisch, wo die Juglans- und Robinia-Arten häufig und gesellig auftreten, während bei uns die Eschen und Ebereschen, welche selten in Laubwäldern fehlen und durch ihre schön gefiederten Blätter angenehm gegen das einfache Laub der Laubhölzer contrastiren, dieselbe Rolle spielen. Da, wo die Johannisbrodbäume in großen Massen angebaut werden, wie z. B. in einigen Provinzen Spaniens, gewähren sie der Landschaft einen eigenthümlichen Charakter, besonders wenn neben diesen üppig grünen Bäumen die silbergrauen Olivenbäume stehen.

§. 367. Die Form der Laubbäume mit einfachen Blättern zerfällt ebenfalls in solche mit membranösem, lederartigem Laube, wohin alle Laubhölzer der kalten und der kälteren gemäßigten Zone, alle unsere Obstbäume und viele Obst- und Holzbäume der heißen Zone gehören, und in solche mit lederartigem, immergrünem Laube, zu welchen die Orangegewächse, die Korkeichen und einige andere Eichen, der Oelbaum, Lorbeer, die Kastanie und viele Bäume der wärmeren Zone gehören. Die Physiognomie, welche diese Pflanzenform besitzt, ist sehr verschiedenartig, wie die Contraste zwischen den schmalblättrigen Ruthenzweigen des Weidenbaums oder das blendende Weiß der Stämme und das angenehme Grün der zarten luftigen Blätterkrone der Birke oder die langgestielten Blätter der Zitterpappel und die starren Blätter der Weißbuche zeigen. Diese Pflanzenform läßt sich überhaupt in drei Gruppen theilen, nemlich in Laubbäume mit abfallenden zarten Blättern, wohin unsere sämmtlichen Laubhölzer und Obstbäume gehören, in Laubbäume mit dicken, lederartigen, glänzenden, perennirenden Blättern, wohin alle in der wärmeren gemäßigten und subtropischen Zone einheimischen sempervirenten Bäume und die in der kälteren gemäßigten Zone vorkommende Stechpalme gehören, und in Laubbäume mit abfallenden, aber sehr großen, besonders schön geformten, meist gelappten Blättern, wohin eine große Zahl dikotyledonischer Laubhölzer und Obstbäume der tropischen und Aequatorial-Zone gehören. Die auffallendsten Bäume dieser letzten Gruppe, besonders die der Urticaceen, Euphorbiaceen und Malvaceen, haben mehr oder weniger stark behaarte Blätter, oft von ganz enormer Größe, wie Cecropia peltata in den brasilianischen Wäldern, oder besonders niedlich ausgeschlitztes Laub, wie die Broussonetien und der Brodfruchtbaum, und durch ihre Behaarung oft wie silberfarben glänzend, bilden sie auffallende Contraste gegen die benachbarte Vegetation. Oftmals treten zu der schönen Blattform große und prachtvolle Blüthen, wie z. B. bei Hibiscus chinensis, und vermehren alsdann den Reiz der Schönheit dieser Pflanzen.

§. 368. Die Coniferenform bildet einen schroffen Gegensatz zu der vorigen Form und gewährt einen düsteren Eindruck, wenn sie zwischen dieser vorkommt. Da die Nadelbäume in solche mit wirklich nadelförmigen

Blättern (wie die Gattungen Pinus, Taxus und Juniperus zum Theil), in solche mit Schuppenblättern (Juniperus z. Th., Cupressus, Thuja u. A.), in solche mit ganzrandigen, ei- oder sichelförmigen Blättern (Araucaria, Podocarpus, Cunninghamia u. A.) und in solche mit breiten gelappten Blättern (Salisburia) zerfallen und die Fichten, Tannen, Lärchen, viele Kieferarten und die Cypressen eine konische, die Pinien und Cedern eine schirmartige, die Araucarien eine vierseitig pyramidale Form u. s. w. besitzen, so ist die Coniferenform eine sehr vielgestaltige und sie belebt, da die meisten Nadelbäume die Blätter mehrere Jahre besitzen, in den kalten Zonen die winterlichen, mit Schnee bedeckten Fluren in einer eigenthümlichen Weise, besonders wenn sich Schneemassen auf den Zweigen festsetzen.

§. 369. Die Casuarinenform, zu welcher die Gattungen Casuarina und Ephedra, die peruanischen Colletien und das sibirische Calligonum Pallasii gehören, ist eine höchst sonderbare, nicht schön zu nennende Pflanzenform mit blattlosen, equisetenartigen Aesten und Zweigen. In gewisser Beziehung repräsentiren die Casuarinenbäume in der jetzigen Vegetation die Calamiten der Vorwelt.

§. 370. Die Proteen-, Eriken- und Epacridenform besitzt wegen der schmalen, nadelförmigen Blätter, zum Theil selbst wegen des Wuchses viel Aehnlichkeit mit der Coniferenform, unterscheidet sich aber von derselben schon auf den ersten Blick durch die niedlichen, schön gefärbten, meist in Trauben, Rispen, Dolden, Köpfchen u. s. w. gestellten Blüthen. Die Proteaceen bilden in Neuholland Wälder, welche durch die prachtvoll gefärbten Blüthenkolben ein eigenthümliches Ansehen erhalten, während die meisten Epakriden und Eriken, so wie die hierher gehörenden Diosmeen, Gnidien und Passerinen, strauchartige Gewächse und manche durch ihre Geselligkeit (z. B. das gemeine Haidekraut) ausgezeichnet sind und dann den Vegetationscharakter oft weiter Landstriche, z. B. der Lüneburger Haide, bestimmen; nur wenige Eriken sind baumartig.

§. 371. Die Myrtenform schließt sich unmittelbar der Proteenform an, mit deren Blüthenkolben auch die dichten Blüthenähren der Metrosideros- und Melaleuca-Arten auffallend übereinstimmen. Diese beiden Gattungen der Myrtaceen besitzen meist sehr schmale, oft ebenfalls nadelförmige Immergrünblätter und roth gefärbte Blüthen, andere, wie die eigentlichen Myrten, haben rundliche dichte Kronen kleiner ovaler Blätter und weiße Blumen, noch andere, wie die Eucalyptus-Arten, welche in einem großen Theil Australiens die Vegetation vorzugsweise bestimmen, zeichnen sich durch säbelartige, vertikal gerichtete, blaugrüne Blätter aus, die den Bäumen einen eigenthümlichen ernsten Eindruck geben. Auch gehören hierher Phillyrea angustifolia, Rhamnus lycioides u. a. immergrüne Sträucher aus anderen Familien, welche in der Mediterranregion einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung des Buschwerkes nehmen.

§. 372. Die Rosensträucherform ist besonders in der gemäßigten Zone der nördlichen Hemisphäre und namentlich in Europa und Asien einheimisch und zeichnet sich durch unpaarig gefiederte Blätter (Rosa und Rubus) oder einfache Blätter (Crataegus, Cotoneaster, Amelanchier und Spiraea) und weiß oder rosa, roth, seltner gefarbte, einzeln oder in Trauben und Sträußen stehende Blumen aus, durch welche sie, wenn auch im

Ganzen selten, auf den physiognomischen Charakter der Strauchvegetation und der Hecken bestimmend einwirkt.

§. 373. Die Cistineensträucherform wird durch die Gattung Cistus repräsentirt und ist eine vorzüglich in der westlichen Mediterranregion einheimische Form, wo sie oft weit ausgedehnte Landstriche überzieht. Sie zeichnet sich durch ruthenförmige Aeste, lanzett- oder eiförmige, meist glänzende und immergrüne, selten behaarte und abfallende Blätter und große, weiß oder roth, selten gelb gefärbte, rosenartige Blumen aus und bietet daher einen schönen Anblick, der jedoch bei ausschließlich weiten Gefilden mit dieser Form, höchst einförmig wird und das Gefühl der weiten Haidestrecken hervorruft.

§. 374. Die Form der baum- und strauchartigen Compositen ist eine höchst eigenthümliche, besonders im extratropischen Südamerika einheimische, aber auch bereits im südlichsten Europa durch Kentrophyllum arborescens Hook. vorkommende Form mit einfachen, bisweilen dornig gezähnten, oft weißfilzigen Blättern; sie unterscheidet sich von allen übrigen Pflanzenformen durch den eigenthümlichen Blüthenstand.

§. 375. Die Form der strauchartigen Labiaten, welche vorzüglich in den östlichen Gegenden der Mediterranregion und im tropischen Amerika einheimisch ist, wird durch die eigenthümliche kreuzförmige Stellung der Nebenaxen und Blätter, so wie durch die charakteristische Form des Blüthenstandes und der Blumenkrone bestimmt. Als Repräsentant ist der gesellig in der ganzen Mediterranregion vorkommende Rosmarinstrauch zu betrachten, der im Verein mit Juniperus Oxycedrus und phoenicea und Cistus laurifolius große Strecken Landes im östlichen Centralspanien bedeckt und eine an unsere Haiden erinnernde Strauchvegetation bildet.

§. 376. Die Genistenform umfaßt die Papilionaceengattungen Nepa, Stauracanthus, Genista, Sarothamnus, Cytisus, Spartium, Calycotome, Retama, Anagyris, Anthyllis, Medicago u. A., und ist vorzugsweise in der Mediterranregion, namentlich auf den kanarischen und azorischen Inseln einheimisch; sie ist durch dreizählige oder einfache, ganzrandige Blätter und ruthenförmige, einen dichten geschlossenen Busch von rundlicher oder halbkugeliger Form bildende Aeste ausgezeichnet; bisweilen fehlen auch die Blätter gänzlich und es sind die Aeste blattartig gebildet, und noch häufiger laufen die Zweige in Dornen aus oder sind die Aeste mit Dornen besetzt, in welchem Fall die Sträucher oft ein verworrenes Ansehen haben. Die Strauchvegetation in der Mediterranregion ist meist aus der Genistenform zusammengesetzt und bestimmt zur Zeit der Blüthe durch ihre zahlreichen, meist gelb gefärbten Schmetterlingsblumen den Charakter jener Vegetation wesentlich; mit ihr sind hinsichtlich der allgemeinen Form des Wachsthums mehrere mit einfachen kleinen Blättern, zum Theil auch mit Dornen oder Stacheln begabte Sträucher aus anderen Familien, wie z. B. Zizyphus lotus, Paliurus australis, Lycium europaeum, barbarum und afrum, Withania frutescens, Catha europaea, Osyris quadripartita u. A. verwandt.

§. 377. Die Astragalenform schließt sich durch die dornigen Sträucher aus der Gattung Astragalus unmittelbar an die vorige Pflanzenform, unterscheidet sich aber von derselben vorzüglich durch die gefie-

derten, aus zahlreichen Blättchenpaaren zusammengesetzten Blätter und durch die meist röthlich, bläulich oder weißlich gefärbten, in dichte, oft kopfförmige Aehren oder Dolden gestellten Blüthen und auch noch dadurch, daß sie weniger strauch- als staudenartig ist; sie ist vorzüglich in den Umgebungen des schwarzen Meeres und in den daran grenzenden Ländern, in den südrussischen und asiatischen Steppen einheimisch, wo sie große Räume bedeckt und in Verbindung mit den Papilionaceengattungen Colutea, Coronilla, Caragana, Galopa, Glycirrhiza, Hedisarum, Onobrychis, Phaca u. A. den Charakter der Vegetation bestimmt.

§. 378. Die Umbelliferenform erscheint in den meisten Fällen unter der Gestalt aufrechter Stauden mit gefurchten saftigen Stengeln und großen geschlitzten Blättern, seltner unter der Gestalt einjähriger niedriger Kräuter oder als Halbsträucher und Sträucher mit einfachen Blättern, unterscheidet sich von allen verwandten Pflanzenformen durch den Blüthenstand und die kleinen, meist weiß oder gelb gefärbten Blüthen, und ist besonders in der gemäßigten Zone der nördlichen Hemisphäre, namentlich in Europa und Asien, einheimisch. Sie bestimmt besonders zu gewisser Zeit den Charakter unserer Wiesen und hat deßhalb einen großen Einfluß auf die Physiognomie der Vegetation, was vorzüglich in der Mediterranregion und in Asien durch die großen Stauden aus der Gattung Ferula und verwandten Geschlechtern veranlaßt wird, indem diese oft über Manneshöhe erreichenden und mit armsdicken Stengeln und sehr großen, feingeschlitzten Basilarblättern und einer großen, endständigen, candelaberartigen Rispe von großen gelben Dolden begabten Stauden sowohl einzeln als gesellig der Landschaft ein eigenthümliches Ansehen ertheilen.

§. 379. Die Distelform tritt, besonders in der Mediterranregion, fast überall mit der vorigen auf und bestimmt oft den Charakter der Landschaft, wie z. B. in den weiten, unbebauten, mit Thon- und Mergelboden begabten Fluren in Mittel- und Südspanien, die im hohen Sommer fast nur mit Disteln und distelartigen Gewächsen, die bald gesellig, bald einzeln und nicht selten manneshoch, auch noch höher vorkommen, bedeckt sind. Diese Form besteht hauptsächlich aus Stauden und zeichnet sich durch einfache, aber meist fiederförmig geschlitzte und dornig gewimperte Blätter, mit Dornen besetzte Stengel und in Dornen auslaufende Hüllblätter ihrer kopfförmigen Blüthenstände aus, und umfaßt außer den Compositengattungen Carduus, Cirsium, Onopordon, Chamaepeuce, Notobasis, Cynara, Carthamus, Carlina, Atractylis, Echinops, Silybum, Galactites, Scolymus u. A. und den dornigen Centaureen auch die Gattungen Dipsacus und Eryngium.

§. 380. Die Cactusform repräsentirt in der subtropischen und tropischen Zone die Distelform und umfaßt die Cacteen, die fleischigen, cactusartigen Euphorbien, die Stapelien, die Sarcostemma- und Ceropegia-Arten aus der Familie der Asclepiadeen und einige Bacchariden (Compositen). Die Cacteen sind der neuen Welt eigenthümlich, aber in einzelnen Arten nach der alten Welt versetzt, und hier selbst in der gemäßigten Zone verwildert; Opuntiahecken und Gebüsche bestimmen im Verein mit den Agaven und Zwergpalmen den hervorstechendsten Charakter der Mediterranregion. Die cactusartigen Euphorbien und Stapelien sind

in der alten Welt, besonders in Afrika einheimisch. Die Cacteen, welche sich durch ihre Blattlosigkeit, fleischig saftige Beschaffenheit der seltsam gestalteten Axen und prachtvoll gefärbten, bisweilen sehr großen Blumen auszeichnen, treten in drei Hauptformen auf, nemlich 1) als säulenförmige, kantige, oft candelaberartig verästelte, bisweilen 30 Fuß hohe oder als schlaffe, peitschen- oder schlangenförmige, herabhängende Fleischstengel (Cereen), 2) als kugelige, geriefte oder mit regelmäßigen, zizenartigen Warzen und mit Sternstacheln bedeckte Körper von sehr verschiedener, aber oft sehr bedeutender Größe (die Gattungen Melocactus, Echinocactus und Mamillaria), und 3) als vieläftige Sträucher mit zusammengedrückten, gegliederten, bald wehrlosen, bald sternstacheligen Stämmen und Aesten. Fast ganz dieselben Formen haben die fleischigen Euphorbiaceen, und nur die Tuna- oder Opuntiaform fehlt unter diesen; die Stapelien ähneln im Kleinen den candelaberförmigen Cereen, die Sarcostemma- und Ceropegia-Arten den Rhipsalis-Arten, die Bacchariden und Phyllanthen den bandförmigen Cacteen.

§. 381. Die Crassulaceenform schließt sich wegen der fleischigsaftigen Beschaffenheit des Pflanzenkörpers der Cactusform an, unterscheidet sich jedoch von derselben durch die stets deutlich und in großer Anzahl entwickelten Blätter und die mehr pflanzenähnliche Gestaltung des Pflanzenkörpers. Sie umfaßt nur Sträucher oder Kräuter aus den Gattungen Crassula, Sempervivum, Sedum, Mesembryanthemum, Ficoidea, Azoon und andere Fleischgewächse, und übt nur da einigen Einfluß auf den Charakter der Vegetation aus, wo sie in Masse auftritt, wie im südlichsten Afrika und auf den Canarischen Inseln; sie gehört überhaupt nur der subtropischen Zone der alten Welt an.

§. 382. Die Lilienform umfaßt die Liliaceen, mit Ausnahme der früher erwähnten baumartigen, die Amaryllideen und Irideen, überhaupt nur krautartige, zum großen Theil mit Rhizomen und Zwiebeln begabte Gewächse, und zeichnet sich durch schlanke, saftige Stengel oder Blüthenschäfte, einfache, meist lineale, glänzende und saftgrüne Blätter und schön, oft prachtvoll gefärbte, 3- und 6theilige Blüthenhüllen aus. Sie kommt, mit Ausnahme der Polarzone und der Schneeregion, in allen Zonen und Regionen, besonders aber und nur zu gewissen Jahreszeiten in gewissen Gegenden der südlichen und niedrigen Hemisphäre, welche niedere Plateaus bilden und zeitweilig mit Wasser bedeckt werden, vor und übt daher nur einen vorübergehenden, auch nur beim massenhaften Auftreten oder bei starker Entwicklung und großer, prachtvoller Blüthenbildung hervortretenden Einfluß auf die Physiognomie der Landschaft. In einigen Fällen, wie an den Küsten Indiens, verbreiten sie dann den angenehmsten Geruch.

§. 383. Die Orchideenform bildet, da die Orchideen nicht in dichten Massen neben einander zu wachsen pflegen, nie den hervorstehenden Charakter, dient aber zur Verzierung anderer Pflanzen- und Vegetationsformen, wie dieses schon bei den Orchis- und Ophrys-Arten und verwandten Orchideen auf unseren Wiesen und Hügeln der Fall ist, aber noch mehr bei den tropischen, auf Bäumen pseudoparasitisch oder in Felsspalten vorkommenden Orchideen der Fall ist, die den vom Lichte verkohlten Stamm

der Tropenbäume und die ödesten Felsenritzen beleben und unter den sonderbarsten Formen auftreten.

§. 384. Die Pothosform überzieht in der Tropenwelt den alternden Stamm der Waldbäume parasitisch, wie bei uns die Moose und Flechten, dort wie die Orchideen; sie zeichnet sich durch saftige, krautartige Stengel, aus welchen sich große, bald pfeilförmige, bald gefingerte, bald längliche, aber stets dickadrige Blätter erheben, aus und umfaßt die Aroideen und die Gattungen Pothos, Dracontium, Caladium und Arum, welches letztere bis zu den Küsten des Mittelmeeres vorkommend in Spanien und Italien mit dem saftigen Huflattig, mit hohen Distelstauden und Acanthus die Ueppigkeit des südlichen Pflanzenwuchses bezeichnet.

385. Die Lianen- oder Schlingpflanzenform dient wie die beiden vorhergehenden Formen und noch in höherem Grade zur Verzierung der Vegetation, besonders der der Tropengegenden, welcher sie den so gepriesenen Charakter der Fülle, Vielgestaltigkeit und Ueppigkeit verleiht. In den Tropen sind es außer den Bauhinien die Arten der Gattungen Paullinia, Banisteria, Bignonia, Passiflora, Aristolochia, Cissus, Aralia, Vitex u. A., in der gemäßigten Zone die Gattungen Clematis, Bryonia und Periclymenum, Lonicera Caprifolium und andere schlingende Loniceren, der Hopfen, der Epheu, die Weinrebe, Convolvulus Sepium, welche die Lianenform repräsentiren. Die Weinrebe und selbst auch die Zaunrübe überziehen oft in größter Ueppigkeit die höchsten Gesträuche und ähneln in Blatt und Blume den tropischen, oft die Krone hoher Bäume durchwebenden Ipomäen, von welchen die Ipomaea sagittata bereits im südlichsten Europa im Vereine mit Convolvulus Sepium die hohen Gebüsche und Hecken von Arundo Donax mit grünen Guirlanden und großen rothen und weißen Trichterblumen schmückt. Zu der Lianenform gehören auch die rohrartigen, mit dünnen gewundenen Stämmen begabten Palmen der Gattung Calamus, stachlige Schlingpflanzen, welche in den Wäldern der heißesten Region Ostindiens oft in einer Länge bis zu 600 Fuß auf- und niedersteigen, die Waldbäume umschließen, miteinander verbinden und durch das schön geformte Blatt nicht wenig zur Belebung und Verzierung der Wälder beitragen. Ueberhaupt ist die Zahl und die Gestalt der tropischen Lianen außerordentlich mannichfaltig; sie steigen auf und nieder an den Bäumen, halten diese selbst beim Absterben noch aufrecht und behalten, wenn die Bäume selbst verfault sind, noch die ursprüngliche Lage, hängen oft bindfadenartig zu 30, 40 und 50 Fuß Länge von den Aesten der hohen Gipfel herab und schwanken, wenn sie den Erdboden noch nicht erreicht haben, beim geringsten Luftzug hin und her, während sie, wenn sie sich in jenem wieder gewurzelt haben, ganz straff angezogen sind.

§. 386. Die Loranthaceenform umfaßt nur ächte Stammparasiten und bestimmt nur bisweilen den Charakter der Vegetation und der Landschaft, dient jedoch oft zur Verzierung anderer Pflanzenformen. Ersteres ist dann der Fall, wenn diese Parasiten so massenhaft auftreten, daß ihre immergrünen Stengel und Blätter und ihre Blüthenstände die Bodenpflanze gänzlich bedecken, wie es viele Loranthus-Arten der Tropen thun, deren Blüthen oft in den brennendsten Farben glänzen; ganz besonders wird dann diese Pflanzenform, wenn sie die säulen- und candelaberartigen Cacteen

überzieht, durch die brennendrothen Blüthenbüschel, so daß diese von fern wie rothe Säulen aussehen. Bei uns tritt diese Form nur in der Mistel auf, welche auf Aepfel- und anderen Bäumen vorkommt und diesen nach dem Abfall der Blätter und zur Winterszeit ein ganz eigenthümliches Ansehen ertheilt.

§. 387. Die Nymphäenform bestimmt den Charakter der Vegetation auf stehendem und langsam fließendem Wasser und schmückt dieselben; zu ihr gehören außer den Nymphäaceen und den ihnen zunächst verwandten Nelumbien auch mehrere mono- und dikotyledonische Pflanzen, wie Hydrocharis morsus ranae, Potamogeton natans, Trapa natans, Villarsia nymphoidis, Polygonum amphibium rar. natans, Ranunculus aquatilis u. A., je nach deren Vorherrschen der von der Nymphäenform bestimmte Charakter der Wasservegetation abgeändert wird; die drei ersten Arten und die Wasserranunkeln überziehen oft die Teiche mit einem dichten Teppich, der zur Zeit der Blüthe des Froschbisses und der Ranunkeln über und über weiß erscheint, während die breiten großen Blätter der weniger geselligen Nymphäen zerstreute schwimmende Kolonien auf dem Wasserspiegel bilden und aus dem dunklen Grund der Blätter die großen weißen und gelben Blumen anmuthig hervorleuchten, was besonders bei den tropischen Nymphäaceen, wie bei Nymphaea Lodus und Nelumbium speciosum mit den rosenrothen, bei Nymphaea coerulea mit den himmelblauen Blüthen und bei Victoria regia mit den prächtig gefärbten Riesenblättern und Riesenblumen der Fall sein muß.

§. 388. Die Halbsträucherform findet sich zwar in allen Zonen und Regionen, ist aber vorzüglich in der wärmeren gemäßigten und subtropischen Zone der nördlichen Hemisphäre und besonders in der Mediterranregion, wo sie den vegetativen Charakter weiter Landstriche ausschließlich bestimmt, einheimisch und bedeckt daselbst unbebaute sandige Ebenen, sandige, dürre Kalk- und Mergelhügel, mit Gerölle überschüttete Bergabhänge und Gebirgskämme und salzige Lehm-, Thon- und Gypsgefilde, jedoch aber selten dicht zusammenstehend, sondern locker umhergestreut, so daß dazwischen der nackte Erdboden hindurchscheint, wodurch und durch die rundliche, oft vollkommen halbkugelige oder besen- und straußartige Form der Halbsträucher solchen Gegenden oft ein ganz eigenthümliches landschaftliches Gepräge gegeben wird.

§. 389. Die Alpenkräuterform schließt sich unmittelbar der vorigen Form an, denn schon manche Halbsträucher der Salzsteppen Spaniens und der Alpenregion der mediterranen Gebirge bilden wie die Alpenkräuterform dichte, wenige Zoll hohe Rasen oder Polster. Die Gestalt der Blätter und Blüthen der Alpenkräuter mag noch so verschieden sein, immer bildet der gesammte Pflanzenkörper einen dichten Rasen von rundlichem Abriß und häufig halbkugeliger Form; häufig besteht ein solcher Rasen oder ein solches Polster aus einer ganzen Kolonie von dicht durcheinander verwachsenen Individuen. Nicht rasende Alpenkräuter, wie Pinguicula leptoceras, Primula farinosa und integrifolia, Soldanella alpina u. A. sind im Ganzen selten, pflegen jedoch auch gesellig vorzukommen und gewinnen dadurch einen Einfluß auf die Physiognomie der Landschaft.

§. 390. Die Moosform ähnelt insofern der Alpenkräuterform, als

diese durch ihre Kleinheit und Gedrungenheit an die zierlichen Polster erinnert, in welcher so viele Kolonien der Laub- und Lebermoose erscheinen, welche in angenehmer und malerischer Weise nicht allein nackte Felskuppen, sondern auch Mauern, Ziegel- und Strohdächer und alternde Bäume überziehen. Andere Moose, wie die Sphagnum-Arten, mehrere Arten von Dicranum, Bartramia, Mnium und Hypnum, so wie manche Jungermanniaceen wachsen gesellig nebeneinander in dichten Massen und überziehen weite Strecken auf feuchtem Waldboden oder an Rändern der Bäche oder auf nassen, schattigen Felswänden. Die Moosform ist namentlich für die kalte arctische und die Polarzone und die entsprechenden Regionen der extratropischen Gebirge charakteristisch; die daselbst wachsenden Moose bilden die Wiege für die wenig höheren Pflanzen, welche zwergartig klein sind und oft nur mit ihren großen Blumen aus den Moospolstern hervorragen.

§. 391. Die Flechtenform tritt nur dann charakteristisch für die Vegetation auf, wenn die Flechten gesellig wachsend in dichten Massen größere Strecken Landes bedecken, wie es in der nördlichen Polarregion mit der Rennthierflechte und dem Isländischen Moos der Fall ist; solche Flechtengefilde haben wegen ihrer weißgrauen oder bräunlichen Farbe ein noch mehr einförmiges und trauriges Ansehen, als die mit Moosen überzogenen Fluren. Auch die mit gesellig wachsenden bunten Krustenflechten, z. B. mit Lecidia geographica überzogenen nackten Felsenklippen und Geröllekämme, wie man sie in allen Hochgebirgen der gemäßigten Zone findet, haben ein fast eben so einförmiges Ansehen, während die Flechtenform, wenn sie nur als Verzierung der Felsen auftritt, ganz besonders bei den laubartigen Parmelien und den bartartigen, lang herabhängenden Usneaceen der Fall ist, einen höchst angenehmen Eindruck hervorruft.

§. 392. Die Algenform ist nur in dem Grund der Gewässer einheimisch und tritt unter den mannichfaltigsten Gestalten auf. Wie bei den höheren Gewächsen die Schönheit der Form und ganz besonders die Farbe gegen den Aequator hin zunimmt, so ist dieses auch bei den Algen und namentlich bei den Meeralgen der Fall, welche bisweilen in ungeheurer Masse gesellig bei einander wachsend weite Flächen bedecken, wie dieses besonders die frei im Meere schwimmenden Sargasso-Arten, welche die sog. schwimmenden Inseln der Seefahrer bilden, thun; auch gehören zur Algenform die Zosteraceen, Najadeen und verschiedene Potamogetonen.

§. 393. Die Lemnenform wird durch die Lemnaceen, sowie durch Riccia natans und Salvia natans repräsentirt und ist eine in physiognomischer Beziehung unvollkommene Pflanzenform, da sie nur als ein schwimmendes, rundliches, ganzrandiges oder gelapptes, einfach grünes Blatt von geringer Größe erscheint, aber durch das außerordentlich gesellige Vorkommen der zu ihr gehörenden Gewächse Bedeutung für die Physiognomie der Vegetation erhält. Das eigenthümlich helle Grün unserer Lemnaceen bildet einen besonderen Contrast mit dem dunkleren saftigen Grün der anderen in Teichen und an deren Rändern wachsenden Pflanzen.

II. Von den Vegetationsformen oder der Physiognomie der Vegetation in den verschiedenen pflanzengeographischen Gebieten. Physiognomik der Vegetation.

§. 394. Die Physiognomie der Vegetation in der Aequatorialzone wird durch A. v. Humboldt auf folgende Weise charakterisirt. „Am glühenden Sonnenstrahl des tropischen Himmels gedeihen die herrlichsten Gestalten der Pflanzen. Wie im kalten Norden die Baumrinde mit dürren Flechten und Laubmoosen bedeckt ist, so beleben dort Cymbidium und duftende Vanille den Stamm der Anacardien und der riesenmäßigen Feigenbäume. Das frische Grün der Pothosblätter und der Dracantien contrastirt mit den vielfarbigen Blüthen der Orchideen. Rankende Bauhinien, Passifloren und gelbblühende Banisterien umschlingen den Stamm der Waldbäume. Zarte Blumen entwickeln sich aus den Wurzeln der Theobroma, wie aus der dichten und rauhen Rinde der Crescentien und der Gustavia. Bei dieser Fülle der Blüthen und der Blätter, bei diesem üppigen Wuchse und der Verwirrung rankender Gewächse wird es oft dem Naturforscher schwer, zu erkennen, welchem Stamm Blüthen und Blätter zugehören. Ein einziger Baum, mit Paullinien, Bignonien und Dendrobium geschmückt, bildet eine Gruppe von Pflanzen, welche, von einander getrennt, einen beträchtlichen Erdraum einnehmen würden. — In den Tropen sind die Gewächse saftstrotzender, von frischerem Grün, mit größeren und glänzenderen Blättern geziert, als in den nördlichen Erdstrichen. Gesellschaftlich lebende Pflanzen, welche die europäische Vegetation so einfach machen, fehlen am Aequator beinahe gänzlich. Bäume, fast zweimal so hoch, als unsere Eichen, prangen dort mit Blüthen, welche groß und prachtvoll wie unsere Lilien sind. An den schattigen Ufern des Magdalenflusses in Südamerika wächst Aristolochia cordota H. et B., deren Blume, von vier Fuß Umfang, sich die indischen Knaben in ihren Spielen über den Scheitel ziehen. Im südindischen Archipel hat die Blüthe der Rafflesia fast drei Fuß Durchmesser und wiegt über vierzehn Pfund. — Die außerordentliche Höhe, zu welcher sich unter den Wendekreisen nicht bloß einzelne Berge, sondern ganze Länder erheben, und die Kälte, welche Folge dieser Höhe ist, gewähren den Tropenbewohnern einen seltsamen Anblick. Außer den Palmen und Pisanggebüschen umgeben ihn auch die Pflanzenformen, welche nur den nordischen Ländern anzugehören scheinen. Cypressen, Tannen und Eichen, Berberissträucher und Erlen (nahe mit den unsrigen verwandt) bedecken die Gebirgsebenen im südlichen Mejiko, wie die Andeskette unter dem Aequator. So hat die Natur dem Menschen in der heißen Zone verliehen, ohne seine Heimath zu verlassen, alle Pflanzengestalten der Erde zu sehen, wie das Himmelsgewölbe von Pol zu Pol ihm keine seiner leuchtenden Welten verbirgt.“ (Vergl. A. v. Humboldt, Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse. In: Ansichten der Natur. Dritte Ausgabe, 2r Bd., S. 38 ff.)

§. 395. Die Physiognomie der Vegetation in der tropischen Zone zeichnet sich vor der, die Großartigkeit der Formen an sich tragenden Aequatorialzone durch Ueppigkeit aus und wird, während in dieser die Palmen und Bananen vorherrschen, durch die baumartigen

Farrn, die Feigenbäume, die Piperaceen, die Cacteen, Melastomen und Convolvulaceen charakterisirt. In den Wäldern der tropischen Zone herrscht ein großer Reichthum des Unterholzes, während in denen der Aequatorialzone mehr die pseudoparasitische Vegetation, sowohl der Orchideen, als der Pothosgewächse, insbesondere aber der Lianen, vorherrscht, und die pseudoparasitischen Orchideen in der tropischen Zone selten sind, oder wie auf den durch eine höchst üppige Vegetation ausgezeichneten Sandwichsinseln, gänzlich zu fehlen scheinen, dagegen die pseudoparasitischen Farrn von unendlicher Menge und Formenmannichfaltigkeit die Bäume bedecken und die Lianen vorzüglich durch Convolvulaceen (Ipomäen), kletternde Pandaneen und Bromeliaceen gebildet werden. Ferner sind für die Tropenzone die lichten angenehmen Wälder der gesellig wachsenden Bambusaceen, die seltsam gestalteten Cacteen und die riesigen Feigenbäume, deren Stämme auf einem 15 bis 20 Fuß hohen Gerüste von straff gespannten, seilartigen Luftwurzeln ruhen und deren Kronen so dick belaubt sind, daß sie für die Sonnenstrahlen undurchdringlich sind, charakteristisch. Diese Ueppigkeit der Vegetation findet sich aber nicht in allen Tropengegenden, denn vielen daselbst gelegenen Landstrichen gehen wegen Mangel an Feuchtigkeit, wie in einem großen Theil der Sahara und der Wüsten Arabiens, oder wegen zu schlechten Bodens, wie an der Westküste von Südamerika, die angegebenen Schönheiten und die Fülle der tropischen Vegetation fast gänzlich ab.

§. 396. Die **Physiognomie der Vegetation in der subtropischen Zone**, wo ein ewiger Frühling herrscht und das Land das ganze Jahr hindurch grün erscheint, bildet den Uebergang von der heißen zu der gemäßigten Zone, weßhalb in ihrer Vegetation sowohl die Pflanzenformen der Tropen- und Aequatorialzone, als die der gemäßigten Zone repräsentirt werden. Die subtropische Zone ist das eigentliche Vaterland der Orangenbäume, enthält aber auch noch mehrere Palmen, so wie Repräsentanten der Pandaneen- und Aloëform, nemlich in der nördlichen Hemisphäre die Dattelpalme, die Dhumpalme, den Drachenblutbaum, die Agave und einige Aloë-Arten, in der südlichen Hemisphäre die Cap'sche Phoenix reclinata, die Neuseeländische Areca sapida und eine Menge Cycadeen und Aloë-Arten. An Pflanzenformen dieser Zone sind zu erwähnen die Amentaceen- und Cupuliferenbäume, besonders die für das subtropische Amerika charakteristischen Eichen; aber der Hauptsache nach ist die Vegetation der subtropischen Zone aus Gewächsen der Mimosenform, Myrtenform, Proteen-, Eriken- und Epacridenform, der Cactus- und Crassulaceenform zusammengesetzt, wozu noch in der nördlichen Hemisphäre die immergrüne, große Waldungen bildenden Lorbeerbäume und in der südlichen Hemisphäre am Kap die Celastrineen und Pelargonien, in Australien die Casuarinen kommen und auch noch die Farrn sehr häufig sind.

§. 397. Die **Physiognomie der Vegetation in der wärmeren gemäßigten Zone** ist ausgezeichnet durch die Form der immergrünen Laubhölzer, der strauchartigen Labiaten, der Cistussträucher, der Genisten, der Astragalen, der Disteln, der Lilien und der Halbsträucher. Diese Zone ist das eigentliche Vaterland des Weinstockes, Oelbaumes, Mandelbaumes, Johannisbrodbaumes, Granatapfelbaumes und anderer Südfrüchte und in

ihr liegt der größte Theil der Mediterranregion, die durch den Mangel an Wiesen, durch die aromatischen und schön blühenden Halbsträucher und Sträucher, welche Hügel und unbebaute Fluren bedecken, durch die Laubhölzer mit immergrünen, kleinen, meist ganzrandigen Blättern und meist unansehnlichen Blüthen, welche die blattwechselnden Laubhölzer weit an Zahl übertreffen, und durch das Vorherrschen der Silineen, Cistineen, Papilionaceen, Scrophularineen, Labiaten, Borragineen, Plumbagineen, Daphnoideen, Euphorbiaceen, Liliaceen und Amaryllideen in der krautartigen Form charakterisirt wird (vergl. ein Weiteres in Beziehung auf das mediterrane Reich unter §. 402. II.). Die Vegetation des in die wärmere gemäßigte Zone fallenden Theils von Japan und China ist noch wenig bekannt; in Centralasien breiten sich in dieser Zone weite Steppen, besonders mit Halophytenhalbsträuchern bedeckt, aus und im östlichen Asien herrscht in den Grassteppen die Astragalenform vor. In den entsprechenden Gegenden Nordamerikas sind Eichen und Fichten, viele Vaccinien und breitblättrige, prächtig blühende Magnolienbäume, so wie in den Wäldern von Missouri kletternde dornige Rosen für die Physiognomie der Vegetation charakteristisch. Auf der südlichen Hemisphäre zeichnet sich diese Zone durch eine größere Ueppigkeit der Vegetation aus und nähert sich darin mehr der subtropischen und tropischen Zone, was besonders für Neuseeland, wo in der Flora ein Reichthum von Bäumen mit dunklem immergrünem Laub herrscht, aber auch wie in unseren Eichen- und Buchenwäldern Laubhölzer mit zarten grünen Blättern vorkommen. In Vandiemensland ist die Myrtenform, besonders die Gattung Eucalyptus vorherrschend und in dem unter gleicher Breite liegenden Theile von Chile bestimmen, wie überhaupt in Südamerika, die immergrünen Laubhölzer die Physiognomie der Vegetation.

§. 398. **Die Physiognomie der Vegetation in der kälteren gemäßigten Zone**, wohin unser Vaterland gehört, wird besonders durch die blattwechselnden Bäume und die gesellig wachsenden Gramineen und Cyperaceen bestimmt und sind es hier die Laubwaldungen mit Wiesen und die damit abwechselnden Cerealiengefilde, welche den Hauptcharakter der Vegetation bestimmen. Auf der nördlichen Hemisphäre kommen zu den aus Eichen, Roth- und Weißbuchen bestehenden Wäldern auch die Tannen-, Fichten- und Kieferwälder, welche auf der südlichen Hemisphäre fehlen, und die strauch- und krautartige Vegetation aus den Compositen, Cruciferen, Umbelliferen, Rosaceen, Papilionaceen, Ranunculaceen und Alsineen. Einzelne Arten von gesellig auftretenden Pflanzen überziehen große Strecken Landes und geben ihnen einen eigenthümlichen Charakter, wie das gemeine Haidekraut. Auf der südlichen Hemisphäre zeigt das dort befindliche wenige Land eine auffallende physiognomische, ja sogar systematische Uebereinstimmung mit derjenigen der nördlichen Hemisphäre, was namentlich für den äußersten Theil von Südamerika und die Falklandsinseln gilt, wo wie bei uns Laubhölzer mit abfallenden Blättern, namentlich Eichen, Buchen, Pappeln, Ahorne und Ulmen die Wälder bilden und die Fluren mit geselligen wiesenbildenden Gräsern und dikotyledonischen Kräutern bedeckt sind. Unter den Kryptogamen herrschen auf beiden Hemisphären die Moose, Flechten, Algen und Pilze vor, von denen die Torfmoose in der nördlichen Hemi-

sphäre große Strecken Land überziehen und demselben einen eigenthümlichen Charakter geben.

§. 399. Die Physiognomie der Vegetation in der kalten oder subarctischen Zone wird in der nördlichen Hemisphäre, von welcher sie allein bekannt ist, durch moorige, vorzugsweise mit geselligen Riedgräsern und anderen Cyperaceen bedeckte Wiesen, durch lichte Gehölze von Birken, Erlen und Zitterpappeln und durch ausgedehnte Waldungen von Kiefern und in Asien von Buchen bestimmt. Die den Amentaceen und Cupuliferen angehörenden Laubhölzer, so wie die Gramineen treten hier mehr zurück, wogegen die Coniferen und Cyperaceen vorwaltend sind. Gegen die nördliche Grenze dieser Zone werden die genannten Laubbäume krüppelig und strauchig und bedecken endlich als niedriges Gestrüpp mit Wachholder, Haidekraut und Heidelbeeren den Boden. In dieser Zone sind bereits große Strecken Landes von tiefen, mit Sphagnen und anderen Laubmoosen bedeckten Mooren (welche eine eigenthümliche Phanerogamen-flora, wie Myrica, Gale, Ledum palustre, Andromeda polifolia und verschiedene Arten von Drosera ernährt) eingenommen und von der Rennthierflechte und dem Isländischen Moos überzogen. Die Laubmoose und die Flechten herrschen überhaupt in dieser Zone unter den Kryptogamen vor.

§. 400. Die Physiognomie der Vegetation in der arctischen Zone bietet wenig Erfreuliches dar, denn mit Ausnahme der in Europa und Asien noch baumartig erscheinenden und verbreiteten Birke giebt es keine Bäume mehr, die Nadelhölzer sind verschwunden und der Anbau des Landes hat, mit Ausnahme der südlichen, noch Gerste oder Hafer kümmerlich tragenden Striche, aufgehört; die waldleeren Fluren sind theils mit einer aus Wachholderarten, niedrigen Weiden, Rubus-Arten und Ericaceen bestehenden Strauchvegetation bedeckt, theils von Moosen, besonders Polytrichum-Arten, und von der Rennthierflechte und dem Isländischen Moos überzogen und die Wiesen verschwinden immer mehr, obgleich der grüne Grasrasen und selbst der aus Gramineen gebildete noch nicht gänzlich fehlt. An felsigen Stellen herrschen Umbilicarien und verwandte Flechtengattungen vor und in Nordamerika bedecken erstere auch gesellig wachsend die nicht felsigen Niederungen und ersetzen dort die Cladonien und Cutrarien. Ueberhaupt haben in der ganzen arctischen Zone die Sporenpflanzen, unter welchen wiederum die Flechten vorherrschen, das entschiedene Uebergewicht über die Samenpflanzen.

§. 401. Die Physiognomie der Vegetation in der nördlichen Polarzone ist ganz traurig, denn es giebt hier weder Bäume noch Sträucher und nur einige wenige Halbsträucher, namentlich Weiden, ragen wenige Zolle hoch aus den Moos- und Flechtenpolstern, welche das öde Land weit und breit bedecken, hervor. Die Vegetation besteht zu zwei Drittheilen aus Sporenpflanzen mit vorherrschenden Flechten, während die wenigen Samenpflanzen, meist Dikotyledonen, unter den Halbsträuchern in dichten niederen Polstern oder vereinzelt unter der Form niedriger, krautartiger Pflänzchen wie die Alpenkräuter wachsen und meist aus denselben Arten, wie die der oberen Alpen- oder Schneeregionen der mittel- und südeuropäischen Hochgebirge bestehen. Selbstredend kann hier kein Anbau von Pflanzen mehr stattfinden.

III. Physiognomie der Vegetation im nordischen und mittelländischen Reich, insbesondere in Europa.

§. 402. Um ein vollständiges Bild von der Physiognomie der Vegetation zu erhalten, wäre es eigentlich nothwendig, die Vegetation aller der §. 351 angeführten pflanzengeographischen Reiche und Provinzen zu schildern, was einerseits durch den beschränkten Raum dieser Abtheilung des Apothekerbuches verhindert wird, andererseits aber sehr schwierig ist, da die Vegetationen der meisten außereuropäischen Länder und besonders die auf der südlichen Hemisphäre nur erst sehr unvollständig bekannt sind. In den folgenden §§. dieser Abtheilung wird daher nur vorzugsweise die vegetative Physiognomie Europas und der mehr bekannten und angrenzenden Länder geschildert und dabei der pflanzengeographischen Eintheilung von Römer gefolgt, welcher neun Reiche angenommen hat, zu deren beiden ersten Europa gehört.

I. Das nordische Reich.

§. 403. Das nordische Reich umfaßt den ganzen Norden der alten und neuen Welt, indem es sich vom Norden aus in Europa bis zum 46., in Asien bis zum 38. und in Amerika sogar bis zum 36. Grad der Breite erstreckt, wonach die Aequatorialgrenze dieses Reiches in Europa im Westen die Pyrenäen und Cevennen, im Centrum die Alpenkette, im Osten der Balkan, in Asien gegen Süden der Kaukasus, das Gebirgssystem von Küen-Lünn und die nordchinesischen Gebirge und in Nordamerika das Alleghanygebirge, der Lauf des Arkansas und das Felsengebirge bilden und es das größte aller Pflanzenreiche ist.

§. 404. Römer schildert in seiner Geographie und Geschichte der Pflanzen dieses Reich folgender Maßen. „Der Charakter dieses Vegetationsreiches ist einförmige, ruhige, milde Haltung, im höheren Norden bis zur ermüdenden Einförmigkeit gesteigert, im Süden allmählig in den bunten Wechsel von Farben und Gestalten, Kräften und Gerüchen übergehend, der die dem Aequator näher liegenden Floren auszeichnet. Im höchsten Norden bedecken Moose und Flechten, in dem größeren übrigen Theil des Reiches niedrige Grasgewächse große Landstriche und bilden in Sibirien die sog. Teudras, Wiesen oder Steppen, oder in feuchten Gegenden mit Cyperaceen, größtentheils aus der Unterfamilie der Cariceen, mit Juncaceen und Juncagineen vermischt, Torfmoore und Sumpfländer. Die Blüthenflora der zu diesem Reiche gehörigen Länder besteht hauptsächlich aus Umbelliferen, Cruciferen, Compositen (besonders Cichoriaceen und Anthemiden), Labiaten, Scrophularineen und Borragineen, auf den Gebirgen aus Primulaceen, Gentianeen, Saxifrageen, alle krautartig, die Blumen hauptsächlich von weißen und gelben, seltner von rothen und blauen Farben, nie von der imponirenden Größe und glänzenden Farbenpracht der Tropenländer. Gesellige Bäume aus der Familie der Betulineen, Cupuliferen und Coniferen bilden ausgedehnte Laub- oder Nadelwälder; andere aus der Familie der Acerineen, Tiliaceen, Ulmaceen, Salicineen u. s. w. prägen mehr vereinzelt durch ihren Baumschlag dem Norden der Erde die feste Haltung seiner Pflanzenschöpfung auf. Die charakteristischen Pflanzen-

formen dieses Reiches haben einen entschiedenen Hang zum geselligen Leben. Die Gräser der Wiesen und Triften, die Laubhölzer der Wälder auf Ebenen und die Nadelhölzer der sog. Schwarzwälder auf Gebirgen, die gemeine Haide, welche ganze nach ihr benannte Landstrecken überzieht, die Wiesen der Sumpfflächen, die Alpenrosen der Hochgebirge u. s. w. sind in dieser Hinsicht, neben vielen anderen, vorzugsweise zu bemerken. Sie sind es, welche den nordischen Landschaften hauptsächlich ihren eigenthümlichen Typus geben. Selbst viele Wasserpflanzen leben gesellig in großen Massen zusammen, z. B. Ranunculus aquatilis, Typha, Lemna, Potamogeton u. s. w. Die Blätter der Pflanzen des nordischen Reiches sind durchschnittlich verhältnißmäßig klein, häutig, selten steif und lederartig, meist matt und glanzlos. Mit Ausnahme der meisten Nadelhölzer und einiger anderen, keineswegs durch das ganze Gebiet verbreiteten Pflanzen, z. B. der Stechpalme, fällt das Laub der holzigen Gewächse im Winter ab und die ganze Natur ist in dieser Jahreszeit erstorben; nur das düstere Grün der Schwarzwälder weckt die Erinnerung an das zurückgetretene Leben. Mit dem Beginne des Frühlings aber tritt gewöhnlich vor oder wenigstens mit den Blättern der ganze Blüthenreichthum der Sträucher und Bäume hervor und erfüllt die Luft mit Wohlgerüchen. Später blühen die Kräuter und bedecken Wiesen und Felder mit mannichfachen, doch selten reinen und lebhaften Farben. Die Mehrzahl dieser letzteren Pflanzen haben ausdauernde Wurzeln oder Rhizome. In diesem Reiche herrschen regelmäßig vier Jahreszeiten, doch ist der Winter hinsichtlich seiner Dauer noch in den südlicheren Gegenden vorherrschend. Die Pflanzenkultur beschränkt sich auf den Anbau der nordischen Cerealien (Hafer, Gerste, Roggen, Weizen), einige Futterkräuter und Hülsengewächse (Erbsen, Wicken, Linsen, Bohnen), Oelgewächse (Raps, Mohn, Leindotter), einige Gewebepflanzen (Lein, Hanf) auf weitgestreckten Feldern und Ackerländern, und Küchengewächse (größtentheils Cruciferen und Umbelliferen) in den Gärten. Amygdaleen und Pomaceen sind in zahllosen Varietäten und Spielarten Eigenthum aller wärmeren Gegenden geworden, denn alle unsere Obstsorten, Steinobst (Kirschen, Pflaumen, Apricosen, Pfirsichen) und Kernobst (Aepfel, Birnen und Quitten) sind südlicheren Ursprungs, meist aus dem mittelländischen Reiche. Die Hand des Menschen hat in diesem Reiche, besonders in Europa, die Erdoberfläche größtentheils verändert; Aecker und Wiesen, Baumländer und Gärten, von dem Fleiße des Menschen geschaffen, lassen hier verhältnißmäßig nur wenig Raum mehr für die Schöpfungen der Natur, und das ganze Reich ist daher ein zum großen Theil künstlich hervorgebrachtes.“

§. 405. Das nordische Reich umfaßt sieben Floren, nemlich die arctisch-alpinische und die mitteleuropäische Flora, welche beide zusammen die größere Hälfte Europa's einnehmen und nachstehend weiter geschildert werden, ferner die Sibirische Flora, die Asiatische Steppenflora, die hochasiatische oder Tartarische Flora, die Taurisch-kaukasische Flora und die Nordamerikanische Flora.

1) Die arctisch-alpinische Flora oder Schouw's Reich der Moose und Saxifragen umfaßt die polare und arctische Zone Europas, Asiens und Nordamerikas, also Island, die Faröerinseln, Lappland

und Finnmarken, das Land der Samojeden, Nowaja Semlja, die Nordküste Sibiriens an den Mündungen des Ob, des Jenisei und der Lena, das Land der Tschutschken, Kamtschatka mit den Aleuten und Kurilen, die Länder an den Ufern der Baffins- und Hudsonsbai, Labrador, Grönland und Spitzbergen, lauter Landstriche, wo dreiviertel Jahr Winter und eine fast ewige Nacht die von Schnee und Eis bedeckten und von Stürmen gepeitschten Regionen beherrschen. Die Vegetation ist dort noch kleinlicher als die thierische Schöpfung; an der Grenze der arctischen Flora hören die Bäume auf und die holzigen Pflanzen sind dort auf niedrige, kümmerliche, zum Theil kriechende Stauden zurückgeführt und werden selbst zu Kräutern. Einjährige Pflanzen, welche nur eine kurz andauernde Wärme zur Ausbildung bedürfen, fehlen gänzlich, wogegen die Moose und Flechten, zum Theil von nutzbarer Beschaffenheit als Lebensmittel dienend, üppig und in zahlreichen Formen gedeihen und ganze Flächen bilden, wo sie sich mit niedrigen Gräsern und Cariceen in die Herrschaft des Landes theilen. Die Pflanzenwelt ist dort arm und dürftig an Zahl und Gestalt, schwach an Größe und Kraft, jedoch sind die Blumen verhältnißmäßig von ziemlicher Größe und reinen Farben. Die Alpenflora bildet eine von dem Hauptkörper in theilweisen Stücken abgerissenen Provinz und ist die Vegetation der mittel- und südeuropäischen Hochgebirge, auf welchen sie in einer gewissen Höhe über der Meeresfläche beginnt und bis an die Grenze des ewigen Schnees reicht. Sie hat in ihren allgemeinen Zügen eine auffallende Aehnlichkeit mit der arctischen Flora, doch sind gegen die unteren Grenzen hin Gewächse mit schöneren und lebhafter gefärbten Blumen vorherrschend. In Europa findet sich Alpenflora auf den höchsten Kuppen und Kämmen des Riesengebirges, auf den Karpathen von 4500, auf den Alpen und Pyrenäen von 5000, auf den Apenninen von 6000, auf der Sierra Nevada von 7000 Fuß an und auf dem Balkan, wo die Grenze noch nicht ermittelt ist. Die Alpenflora der Alpen und Pyrenäen ist sehr übereinstimmend, denn sie besteht außer den der arctischen Flora angehörenden Flechten, Moosen, Cruciferen, Saxifragen und Cariceen aus Primulaceen, besonders der Gattungen Primula, Aretia, Androsace und Soldanella, Campanulaceen, besonders aus Arten von Campanula und Phyteuma, aus Gramineen, Silineen, Alsineen, Gentianeen und einigen Ericaceen, besonders aus Rhododendron-Arten, wozu sich zahlreiche Compositen, besonders aus den Gattungen Hieracium, Arnica, Filago, Gnaphalium, Pyrethrum, Achillea u. A., ferner einige Papilionaceen, wie Phaca, Valerianeen, Rubiaceen, Umbelliferen aus den Gattungen Bupleurum, Astrantia, Sanicula u. A., Ranunculaceen, Rosaceen aus den Gattungen Patentilla, Dryas, Sibbaldia u. A., Scrophularineen, Borragineen, Labiaten u. s. w. gesellen. Die Alpenflora der südeuropäischen Gebirge hat eine andere Zusammensetzung, wie z. B. in der der Sierra Neveda die Compositen, Gramineen, Leguminosen, Cruciferen, Labiaten, Scrophularineen, Sileneen, Alsineen und Umbelliferen entschieden vorherrschen und Campanulaceen, Primulaceen, Saxifragen und alle übrigen Familien schwach vertreten sind.

2) Die mitteleuropäische Flora oder Schouw's Reich der Umbelliferen und Cruciferen umfaßt den größten Theil Europas,

denn sie erstreckt sich von der südlichen Grenze der arctischen Flora bis an die nördliche Grenze des mediterranen Reiches, westwärts bis an das atlantische Meer, ostwärts bis an die in das schwarze und Asow'sche Meer mündenden Ströme und die großen Steppen um den Don und die Wolga, also die südliche Hälfte von Scandinavien, Finnland, Rußland, Dänemark, die Ostsee- und brittischen Inseln, ganz Deutschland, Holland, Belgien, Frankreich bis an die Cevennen und Ostpyrenäen, das nordspanische Litorale, die Schweiz, Ungarn und Siebenbürgen, Polen und die Donaufürstenthümer. Ihr Vegetationscharakter ist bereits oben §. 389 geschildert worden; gesellig wachsende Gräser bilden üppige Wiesen, auf denen zahlreiche rhizokarpische Kräuter, besonders aus den Familien der Cruciferen, Ranunculaceen, Umbelliferen, Compositen und Sileneen wachsen, welche ebenfalls gesellig wachsen und daher die Wiesen zur Zeit der Blüthe bald mit weißen, bald mit gelben oder rothen Farbentinten überdecken. Die Wiesen wechseln mit weit ausgedehnten Getreidefluren und Laub- und Nadelwäldern, seltner mit Haidestrecken und Torfmooren ab. Im Frühling ist das Land durchgängig grün, im Winter dagegen fast durchgehends mit Schnee bedeckt und mit Ausnahme der Nadelwälder ohne Grün, todt und öde. Die Vegetation besteht zwar vorzugsweise aus rhizocarpischen Gewächsen, doch giebt es eine große Zahl monocarpischer Pflanzen, ziemlich viel Bäume und Sträucher, dagegen nur wenige Halbsträucher. Die natürliche Pflanzendecke ist besonders aus Umbelliferen und Cruciferen, nächst diesen aus Cichoriaceen, Gramineen, Amentaceen, Ranunculaceen, Papilionaceen, Cyperaceen, Caryophylleen, Rosaceen und Labiaten zusammengesetzt; überhaupt haben die Samenpflanzen das entschiedene Uebergewicht über die Sporenpflanzen.

II. Das mediterrane Reich.

§. 406. Das mediterrane Reich umfaßt die das schwarze und mittelländische Meer umgebenden Länder südwärts in Afrika bis an den Atlas und dessen östliche Verlängerungen und bis an die Lübische Wüste, in Arabien bis an den Sinai, ostwärts in Asien bis an den Euphrat, Ararat und Kaukasus, westwärts bis an das atlantische Meer und erstreckt sich demnach über die pyrenäische Halbinsel mit Ausnahme der spanischen Nordküste, über das südlich von den Cevennen gelegene und an das mittelländische Meer gränzende Frankreich, über das südliche Piemont, über Italien, Istrien, Dalmatien und Montenegro, über die türkisch-griechische Halbinsel vom Balkan südwärts, über die südrussischen Steppen in den Umgebungen des schwarzen Meeres, über die Krimm, über Kleinasien, Syrien und Palästina, über das nördliche Arabien und Aegypten, über das nordafrikanische Litorale, über die mittelländischen Inseln und nach der Annahme vieler Pflanzengeographen über die Kanarischen und Azorischen Inseln im atlantischen Meer. Dieses Reich wird gewöhnlich zur wärmeren gemäßigten Zone gerechnet; füglich lassen sich aber die südlichsten Gebiete derselben, wie Sicilien, Nordafrika und die Südküste von Spanien zur subtropischen Zone ziehen.

§. 407. Die auffallendsten vegetativen Charaktere dieses Reiches sind das Fehlen der Wiesen, das Vorherrschen der Halbsträucher, die zum Theil

mit großen, lebhaft gefärbten Blumen begabt sind und aromatisch duften, und die Laubhölzer mit lederartigen immergrünen Blättern, wozu noch der durch das Vorhandensein oder Fehlen von Wasser bedingte schroffe Wechsel von üppig vegetirenden und vegetationsarmen oder kahlen Gegenden kommt, wobei außer dem Wasser oder der atmosphärischen Feuchtigkeit auch die Beschaffenheit des Bodens einen großen Einfluß ausübt. Die Vegetation dieses Reiches ist außerordentlich reich an Gattungen und an Arten, und mehrere große Familien, wie die Labiaten und Borragineen, die minder großen Familien der Sileneen, Alsineen und Cistineen und die noch kleineren Familien der Lineen, Frankenieen, Globularieen, Plumbagineen, Plantagineen, Fumariaceen haben darin ihr Maximum erreicht und bilden im Verein mit Compositen, Scrophularineen, Papilionaceen und Cruciferen den größten Theil der krautartigen und so charakteristischen halbstrauchartigen Vegetation. Die Sträucher gehören der Mehrzahl nach den Papilionaceen, namentlich der Genisten- und Astragalenform, und den Cupuliferen an, sind aber auch noch aus Tamariscineen, Cistineen, Rhamneen, Terebinthaceen, Rosaceen, Myrtaceen, Caprifoliaceen, Oleaceen, Labiaten, Verbenaceen, Santalaceen, Euphorbiaceen und Coniferen und in der südwestlichsten Gegend sogar aus Compositen und Cruciferen und in manchen Gegenden, wie in den Salzsteppen und an den Küsten nur aus Salsolaceen zusammengesetzt. Die einjährige Vegetation ist namentlich in den Küstengegenden aus Papilionaceen, besonders aus Arten der Gattungen Trifolium, Medicago, Lotus, Onomis, Lathyrus, Vicia u. A., ferner aus Cruciferen, Sileneen, Ranunculaceen, Borragineen, Scrophularineen und Gräsern zusammengesetzt und unter den Laubbäumen herrschen die Cupuliferen, namentlich die Eichen, unter den Nadelhölzern die Kiefern und Wachholderarten vor. Obgleich der Graswuchs weniger üppig als in dem nordischen Reich ist, so giebt es doch eine große Anzahl von Gramineen, welche aber meist büschelig wie die rhizocarpischen Kräuter und die Halbsträucher wachsen; auch Cyperaceen aus den Gattungen Cyperus, Isolepis, Scirpus und Schoenus finden sich in ziemlicher Anzahl, während die Cariceen sehr schwach vertreten sind. Unter den übrigen Monokotyledonen herrschen die Liliaceen, Amarillideen, Irideen und Orchideen vor, welche im Frühling, zum Theil auch im Spätherbst die sandigen Ebenen und Hügel mit einem bunten, schnell vergänglichen Blumenteppich verzieren. Unter den Sporenpflanzen sind es die Farrn, laubartigen Lebermoose, Algen und Flechten, welche vorherrschen, während beblätterte Lebermoose und Pilze nur sparsam vorkommen; die Algenflora ist besonders an den Küsten sehr artenreich, vielgestaltig und schön farbig. Die Sträucher und Halbsträucher, zum Theil auch die Stauden und Bäume haben aromatisch riechende Blätter und Blüthen; manche Bäume und Sträucher tragen das ganze Jahr hindurch Blüthen und halb und ganz reife Früchte; die Blumenentwicklung hält das Mittel zwischen der sanften Färbung des Nordens und der glänzenden Farbenpracht der Tropenwelt. — In systematischer Hinsicht ist die Vegetation des mediterranen Reiches im Allgemeinen folgendermaßen zusammengesetzt; die Compositen, Leguminosen, Labiaten und Cruciferen sind entschieden vorherrschend, die Umbelliferen, Gramineen, Scrophularineen, Borragineen, Amyrillideen, Ranunculaceen, Cistineen, Sileneen und Alsi-

neen bilden nächst jenen die Hauptmasse der Vegetation; stark vertretene Familien sind ferner die Dipsaceen, Campanulaceen, Rosaceen, Rubiaceen, Crassulaceen, Gramineen, Malvaceen, Salsolaceen, Liliaceen, Orchideen, Irideen, Cupuliferen und Coniferen; endlich treten auch Repräsentanten der tropischen Pflanzenformen auf, wie die Dattelpalme und Chamaerops humilis für die Palmenform, Dracaena Draco für die Pandanenform, Yucca gloriosa, mehrere Aloë-Arten und Agave americana für die Agaven- und Aloëform, mehrere Opuntia-Arten für die Cactusform, Arceuthobium Oxycedri, Loranthus europaeus und mehrere Viscum-Arten für die Loranthoneenform, Myrtus communis und verschiedene Sträucher von myrtenartigem Ansehen für die Myrtenform, verschiedene Ephedra-Arten für die Casuarieenform; ferner haben nachstehende Familien, welche ihr Maximum in der tropischen und subtropischen Zone erreichen, Repräsentanten in einzelnen Arten, wie die Laurineen durch Laurus nobilis, die Acanthaceen durch Acanthus mollis, die Nyctagineen durch Boerhavia plumbaginea, die Cappareen durch Capparis spinosa und Cleome violacea, die Stapelien durch Apteranthes Gussoneana, die Santalaceen durch verschiedene Arten von Thesium und Osyris, die Berberideen durch mehrere Arten Berberis u. s. w. Unter den Compositen herrschen besonders die Cynarocephaleen, namentlich die Centaureen und verschiedene Arten von Cirsium, Onopordon und Cynara, welche die Distelfloren charakterisiren, vor, weßhalb auch diese Pflanzenform in dem mediterranen Reich in der größten Vollendung auftritt. Unter den Kulturpflanzen werden in diesem Reich außer sämmtlichen Cerealien, Gemüse- und Oelpflanzen und Obstbäumen des nordischen Reiches auch Reis, Sorghohirse, Zuckerrohr, Baumwolle, Bataten, Saffran, Fenchel, Koriander, Melonen, Wassermelonen, Flaschenkürbisse, Schlangengurken, Koloquinten u s. w., ferner Feigen, Mandeln, Oliven, Granatäpfel, Orangen, Citronen, Johannisbrod u. s. w. im Großen angebaut. Die Kultur des Weinstocks ist durch das ganze Reich verbreitet, während die des Zuckerrohrs und der Baumwolle auf die wärmsten Küstengegenden beschränkt ist.

§. 408. Das mediterrane Reich läßt sich in folgende Floren oder Provinzen eintheilen:

1) Spanisch-Portugiesische Flora; die Pyrenäische Halbinsel vom südlichen Fuß des Kantabrischen Gebirges und der Pyrenäen bis an die Sierra Morena und die Gebirge, welche das centrale Tafelland von Murcia und Valencia scheiden;
2) Afrikanisch-Bätische Flora; das nordafrikanische Küstenland bis Tripolis, ferner Südspanien, Algarbien, die Balearen, Sicilien und der südlichste Theil von Unteritalien;
3) Provençalisch-Italienische Flora; Südfrankreich, Piemont, Italien, Sardinien und Korsika;
4) Dalmatisch-Türkische Flora; Istrien, Dalmatien und die Europäische Türkei;
5) Taurische Flora; die Länder um das schwarze Meer;
6) Griechisch-Orientalische Flora; Griechenland, die griechischen Inseln und Kleinasien;
7) Syrische Flora; Syrien, Palästina und die benachbarten Inseln, und

8) Arabisch=Aegyptische Flora; nördliches Arabien und Aegypten. Die Flora der Canarischen und Azorischen Inseln und von Madeira ist der Mediterranflora nahe verwandt; die Physiognomie der Vegetation dieser Inseln ähnelt derjenigen der westlichen Mediterranregion sehr, unterscheidet sich aber von ihr wesentlich durch das massenhafte Auftreten der Lorbeer= und Crassulaceenform. Diese verschiedenen Floren näher zu schildern, gestattet die Beschränktheit des Raumes nicht und wäre planwidrig.

Zweiter Abschnitt.

Lehre von den topographischen Verhältnissen der untergegangenen Vegetationen und Entwicklungsgeschichte des Pflanzenlebens der Erde. Geschichte der Pflanzen.

§. 409. Die Geschichte der Pflanzen oder paläontologische Botanik hat eine dreifache Aufgabe, nemlich 1) die Zustände, in welchen die fossilen Pflanzen gegenwärtig in den Schichten der Erdrinde vorkommen, und die äußere und innere Gestaltung dieser Pflanzenreste zu schildern, 2) die Lokalitäten nachzuweisen, wo sich fossile Pflanzen finden, d. h. die Vertheilung und Verbreitung der untergegangenen Vegetationen darzulegen, und 3) zu untersuchen, wie sich die Vegetationsdecke der Erde entwickelt und welche Umwandlungen dieselbe von ihrer Entstehung an bis auf die Gegenwart erlitten hat. Sie zerfällt demnach in einen morphologischen, in einen topographischen und in einen historischen Theil. Dieses sehr weite Feld der Naturforschung ist jedoch noch zum großen Theil unangebaut, was wegen der Schwierigkeit der phytohistorischen Untersuchungen, wegen des Vorkommens des Materiales und wegen des unvollkommenen Zustandes desselben leicht erklärlich wird. Zur Erschöpfung dieser dreifachen Aufgabe der paläontologischen Botanik ist der Zweck und der Raum eines Grundrisses der Botanik nicht gestellt und ausreichend und es ist zur Vollständigkeit des letzteren hinreichend, nur die verschiedenen Zustände der fossilen Pflanzen, deren morphologische Beschaffenheit und deren Vorkommen und Verbreitung zu schildern, so wie auch den Entwicklungsgang der Vegetation in flüchtigen Umrissen nach den neuesten Forschungen und, da die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt im innigsten Zusammenhang mit der Geschichte der Erde steht, von letzterer einen kurzen Abriß dem Leser vor die Augen zu führen.

§. 410. Die Untersuchungen der neueren Geologie haben zu dem übereinstimmenden Resultate geführt, daß die Erde unmittelbar nach ihrer Entstehung eine glühende, aus einem geschmolzenen, feurig flüssigen Material gebildete Kugel gewesen sein müsse; wie lange aber die Erde in diesem Zustand befindlich gewesen sein möge, darüber läßt sich keine Vermuthung äußern. Sie stieß ungeheure Massen von Wasserdämpfen aus, welche sich wegen der Kälte des Weltraums sehr bald condensiren und in

tropfbarflüssiger Gestalt, als Regen, den Gesetzen der Schwere folgend wieder auf die Erde zurückfallen mußten. Nach Jahrtausenden dieser Dampf-Entwicklung und Verdichtung wurde die Oberfläche der Erde so weit abgekühlt, daß sie erstarren und daß auf sie zurückfallende Wasser eine continuirliche Wasserhülle um die ganze Erde, das Urweltmeer bilden konnte, dessen Tiefe immer mehr zunahm. Dieses Weltmeer mag wegen noch hinreichend herabgesunkener Temperatur der Erdoberfläche noch Jahrtausende im kochenden Zustand gewesen sein, wodurch es auflösend und zersetzend auf das gebildete feste Gestein der Erdoberfläche, welches jedenfalls Granit gewesen ist, einwirken mußte. Die gelösten Massen dieses Gesteins senkten sich mit der zunehmenden Abkühlung des Urweltmeeres in krystallinischer Form zu Boden und bildeten am Grunde des Meeres die ersten sedimentartigen Schichten, auf welche Weise die krystallinischen Schiefergesteine, wie Gneis, Glimmerschiefer, krystallinischer Thonschiefer u. s. w., welche jetzt an vielen Orten unmittelbar auf dem Urgranit der Erde gefunden werden und zum Theil mächtige Schichtensysteme bilden; sie enthalten keine organischen Reste, weil bei ihrer Bildung das Urweltmeer noch eine zu hohe Temperatur besaß, als daß Thiere und Pflanzen in demselben hätten leben können. Theils während, theils nach der Bildung der krystallinischen Schiefergesteine mußte in Folge der mit der Erstarrung verbundenen Verdichtung der Erdoberfläche der innere flüssige Theil derselben einen Druck gegen die erstarrte Oberfläche ausüben und diese an vielen Stellen zerreißen, wo die feurigflüssige Masse hervorquoll und sich über die benachbarten krystallisirten Gesteinschichten ausbreitete (wie es noch gegenwärtig die aus den Vulkanen fließende Lava thut). Durch diese Ausbrüche glühender Massen wurden aber auch zugleich benachbarte Stellen der erstarrten Erdrinde über den Spiegel des Urweltmeers emporgehoben und bildeten so die ersten Gebirge der erstarrten Erdoberfläche, welche aus dem Schooße des Meeres hervor das erste, jedenfalls in der Form zahlreicher, zerstreuter, kleiner Inseln erscheinende Land bildeten. Durch ähnliche spätere Graniteruptionen des gewaltsam ausgedehnten Erdinneren wurde die Erdrinde immer wieder vom Neuen zersprengt, was noch am Ende der Kreideperiode statt gefunden hat. Nach dieser Periode und schon weit früher, am Ende der Uebergangsperiode, kamen andere eruptive Gesteine zum Vorschein, welche wesentlich zur Veränderung der Erdoberfläche beitrugen, nemlich Porphyre, Dioryte, Phonolithe, Trachyte und Basalte, an welche letztere sich unmittelbar die jetzige Lava anschließt. Sowohl durch diese Eruptionen als auch durch das Drängen des Erdinneren nach Außen gegen die Erdkruste wurden immer größere Stücke derselben über den Spiegel des Urweltmeeres emporgehoben und so allmählig die Continente gebildet. Lange vor der Bildung dieser waren aber zahlreiche neue Gesteinsschichten als Niederschläge des Meeres auf die bereits vorhandenen abgelagert worden, indem theils durch die Graniteruptionen, theils durch den Wellenschlag des Meeres und der auflösenden Kraft des noch immer heißen Meereswassers die vorhandenen Ablagerungen wieder zertrümmert wurden. Diese Zerstörungsprodukte setzten sich allmählig als Schlamm auf dem Meeresgrund ab und so entstanden über den älteren neue Schichten, welche Bildung von Schichten durch

Niederschlag aus dem Wasser seit jener ganz unermeßlich fernen Zeit bis auf die Gegenwart fortwährt und noch jetzt im kleinen Verhältniß auf dem Grunde und an den Ufern des Meeres, der Seen und Teiche und an der Mündung der Flüsse stattfindet. Die durch Niederschlag aus dem Wasser entstandenen Schichten werden sedimentäre oder neptunische Schichten im Gegensatz zu den aus dem Erdinneren emporgesendeten und noch emporgesendet werdenden eruptiven oder plutonischen und vulkanischen Schichten genannt.

§. 411.. Nicht fortwährend wurden sedimentäre Schichten gebildet, sondern während bestimmter Zeiträume und Perioden, und nachdem vielleicht Jahrtausende hindurch jene Schichtenbildung auf dem Meeresgrund statt gefunden hatte, trat eine Zeit der Ruhe ein, bis durch neue Sprengungen und Erschütterungen der Erdrinde die alten Gesteinsschichten stellenweise zertrümmert wurden und dadurch neues Material zur Sedimentirung bildeten. Aus den angestellten Untersuchungen ergiebt sich, daß seit der Ablagerung des krystallinischen Schiefergesteins acht Perioden der Sidementbildung stattgefunden haben, welche durch längere oder kürzere Perioden der Ruhe von einander getrennt waren. Die Niederschlagsperioden müssen selbst von verschiedener Dauer gewesen sein, da die während derselben abgelagerten Schichtensysteme bald eine sehr bedeutende, bald eine nur geringe Mächtigkeit haben. Auch fand die Ablagerung nicht immer an allen vom Wasser bedeckten Stellen, sondern bisweilen auch nur in einzelnen Gegenden statt, weßhalb die Sedimente gewisser Perioden nur in einigen Ländern gefunden werden, was namentlich von den Schichten der zweiten, dritten, siebenten und achten Periode gilt. Die acht Perioden der Sedimentation sind:

1) Periode des Uebergangsgebirges; diese zeichnet sich durch die massenhafte Ablagerung der Grauwacke, des ältesten Sandsteins, welcher sich auf der Erde gebildet hat, aus; da die Schichten sehr zahlreich sind und eine bedeutende Mächtigkeit besitzen, so muß diese Periode sehr lange gedauert haben. Die Schichten des Uebergangsgebirges liegen unmittelbar über denen der krystallinischen Schiefer, an vielen Stellen sogar auf dem Urgranit, und sind über die ganze Erde verbreitet, obgleich sie eben so wenig wie die krystallinischen Schieferschichten eine continuirliche Hülle um den ursprünglichen Erdkörper bilden, da sie an vielen Stellen durch später erfolgte Eruptionen und Erschütterungen zertrümmert und zerrissen wurden. Da diese Schichten zwischen den von organischen Resten vollkommen freien Urgesteinen und an organischen Resten reichen Sedimente liegen, so werden sie transitorische oder Uebergangsschichten genannt; sie sind nur arm an organischen Resten.

2) Die Periode der Steinkohlenformation; sie ist durch die Bildung der für uns so wichtigen Steinkohlenflötze charakterisirt. Ihre Schichten müssen sich in Meeresbuchten und abgeschlossenen Bassins gebildet haben, besitzen eine geringe Ausdehnung und Mächtigkeit und scheinen ziemlich vereinzelt über die Erde zerstreut zu sein.

3) Die Periode des Zechsteins und des Kupferschiefers oder die gemischte Periode; ihre Schichten sind durch den sog. Zechstein und Kupferschiefer besonders charakterisirt, kommen nur in wenigen Gegenden vor und haben auch eine verhältnißmäßig geringe Mächtigkeit.

4) Die Periode der Trias; sie hat ihren Namen von drei verschiedenen übereinander liegenden Formationen, welche während ihrer anscheinend sehr langen Dauer abgelagert wurden und in der Formation des Buntsandsteins, in der des Muschelkalkes und in der des Keupers oder bunten Mergels, welche letztere die weißen Steinsalzlager umschließt, bestehen.

5) Die jurassische Periode; sie ist durch die mächtigen Schichten des Jurakalkes und verwandter Formationen charakterisirt und hat ebenfalls lange Zeit gedauert; die Schichten finden sich wie die der vorhergehenden Periode über die ganze Erde verbreitet und setzen zum Theil große Stücke der Erdoberfläche zusammen.

6) Die Kreideperiode; sie ist besonders durch die Kreideschichten charakterisirt und muß wegen der sehr bedeutenden Mächtigkeit derselben und wegen ihrer großen Verbreitung lange Zeit gedauert haben.

7) Die Tertiärperiode; diese Periode trat nach der Erhebung der gegenwärtigen Continente, mit welcher die Kreideperiode geendet zu haben scheint, ein, und hat ebenfalls sehr lange gedauert. Ihre Ablagerungen haben keine bedeutende Ausdehnung, obgleich sie über der ganzen Erde verbreitet sind; sie haben sich auf dem Grunde von Meeresbuchten und im Binnenlande liegender Becken von süßem und salzigem Wasser gebildet; die Schichten sind deßhalb sehr zerstreut, von sehr verschiedener Beschaffenheit und zeigen nicht die Uebereinstimmung, welche die der früheren Perioden haben.

8) Die Periode des Diluviums ist der gegenwärtigen Periode unmittelbar vorausgegangen und hatte eine nur sehr kurze Dauer; während derselben ist die Verschiedenheit des Klimas und der Wechsel der Jahreszeiten in verschiedenen Breiten der Erdoberfläche, Erscheinungen, die sich bereits in der Tertiärperiode geltend gemacht haben, vollends ausgebildet worden. Sie war charakteristisch durch das massenhafte Auftreten der Gletscher und durch große Ueberschwemmungen einzelner Theile der Erdoberfläche.

Die Ablagerungen aller dieser Perioden bestehen der Hauptsache nach aus Kalk, Sandstein, thonigen Schiefergesteinen und Conglomeraten, jedoch sind die Kalke, die Sandsteine u. s. w. der einen Periode sehr verschieden von denen einer anderen; gewöhnlich hat auch die Ablagerung einer Periode nicht ununterbrochen statt gefunden, sondern in von einander getrennten Zeiträumen, weßhalb eine jede Periode in Epochen, ein jedes Schichtensystem in Gruppen oder Formationen von Schiefern zerfällt, worüber in geognostischen Werken zu vergleichen ist.

Geschichte der Entwicklung der Vegetation und der Umwandlungen, welche dieselbe während der verschiedenen Perioden bis auf die Gegenwart erlitten hat.

§. 412. Die verschiedenen Ablagerungen sind die Grabstätten der Pflanzen geworden, welche ehedem die Erdoberfläche bedeckten. Da jedoch die Vegetation der Vorwelt bloß in den Perioden der Ruhe, welche die Perioden der Ablagerungen von einander schied, gedeihen konnte, so giebt es eben so viel Perioden der Entwicklungsgeschichte der Vegetation, als es Perioden der Ablagerung giebt. Selbstverständlich können aber die Pflanzen der einen Ablagerungsperiode in den Schichten der folgenden Ablagerungsperiode aufgefunden werden. Alle acht Perioden der Ablagerung besaßen

zwar eine eigenthümliche Flora, aber es findet bei den aufeinander folgenden Vegetationen der verschiedenen geologischen Perioden eine gewisse Ueberein-stimmung, sowohl in systematischer als auch in physiognomischer Beziehung statt. In Folge dessen wurden zuerst von Ad. Brongniart drei große Perioden in der Entwicklungsgeschichte der Vegetation unterschieden und deßhalb drei Reiche des vorweltlichen Pflanzenreiches gebildet. In der ersten Periode des Pflanzenlebens, welche die Perioden des Uebergangs-gebirges und der Steinkohlen umfaßt, herrschten die Gefäßsporenpflanzen vor, in der zweiten Vegetationsperiode, welche während der Perioden des Zechsteins und Kupferschiefers, des Jurakalkes und der Trias stattgefunden hat, waren die Gymnospermen die überwiegenden Pflanzen, und in der dritten Periode des Pflanzenlebens während der Perioden der Kreide, der Tertiärschichten und Diluviums fanden sich vorzugsweise dikotyledonische Pflanzen vor. Jede dieser Vegetationsperioden zerfällt wieder in mehrere Epochen, von denen in nachfolgenden §§. die Rede ist.

1) Das Reich der Gefäßsporenpflanzen; Brongniart's Reich der acrogenen Gewächse, in zwei Epochen zerfallend.

§. 413. Erste Epoche oder Flora des Uebergangsgebirges. Die ersten Pflanzen, welche auf der Erde vorkamen, waren Wasserpflanzen und zwar Seegewächse, welche nach ihren sehr unvollkommenen Ueberresten der Klasse der Algen angehört zu haben scheinen; sie finden sich in geringer Anzahl von Arten und Individuen in den untersten Schichten des Ueber-gangsgebirges. Nachdem sich festes Land gebildet hatte, verging eine lange Zeit, ehe die nackten Granitklippen oberflächlich durch den Einfluß der da-mals glühend heißen Atmosphäre und des beinahe eben so heißen Wasser-dampfes in einen Zustand versetzt wurden, um Pflanzenleben zu gestatten. In Folge dieser Verwitterung wurde eine dünne Erdschicht auf den Inseln gebildet und dieselbe für eine vegetabilische Schöpfung vorbereitet. Jedoch scheinen die ersten Gewächse des Festlandes noch unvollkommener gewesen zu sein, als die des Meeres und die wenigen in den unteren Grauwacken-schichten vorkommenden Ueberreste auf die Form der holzigen Hutpilze, welche noch jetzt in heißen dunklen Urwäldern der Tropengegenden vor-kommen, hinzudeuten; auch hätten zu jener Zeit höhere Gewächse schwer-lich gedeihen können, da theils damals der Humus in der Erdoberfläche noch fehlte, theils aber es noch zu heiß war und zugleich das Licht noch fehlte oder doch wenigstens in Folge der ungeheuren Dampfmassen in der At-mosphäre sehr düster war. Mit der zunehmenden Abkühlung des Urwelt-meeres wurden auch die Dampfaushauchungen geringer, in Folge dessen die Wolkendecke der Atmosphäre abnahm und das Licht dieselbe zu durch-brechen begann und die Erdoberfläche, wenn auch nur spärlich, beleuchtete. In dieser Zeit begann auf dem festen Land und im Meer das organische Leben in tausendfacher Form; in dem Meer traten Algen auf und das feste Land bedeckte sich mit kraut- und baumartigen Gewächsen, ja sogar mit Bäumen von riesenmäßigen Dimensionen, wie sie sich in den oberen Schichten des Uebergangsgebirges noch vorfinden. Aber diese Bäume tru-gen keine farbigen Blüthen, keine saftigen Früchte und nur Blätter von der einfachsten Form und wahrscheinlich von brauner oder gelblicher Farbe bedeckten die Zweige; manche Baum- und Strauchformen scheinen sogar

keine Blätter, sondern die Form der jetzt lebenden Cacteen und fleischigen Euphorbien gehabt zu haben. Manche dieser Pflanzenüberreste sind völlig unbestimmbar, gehörten aber jeden Falles zur Klasse der Sporenpflanzen; hierher gehören Lomatophloeos crassicaule Ung., ein Riesenbaum mit dickem, plumpem Stamm und kurzen, spiralförmig gestellten Aesten, welche in einen Büschel linienförmiger, auf erhabenen schuppenartigen Blattkissen sitzender Blätter endigten, und Dechenia euphorbioides Ung., ein blattloser Strauch von cactusartigem Ansehen, welcher an den Rändern von Sümpfen und Lachen gewachsen zu haben scheint. Außer diesen räthselhaften Gewächsen bestand die Vegetation aus Asterophylliden, Sigillarien, Equiseten, Calamiten und Farrn, welche letztere die Mehrzahl gebildet haben, damals bloß als Kräuter ausgebildet waren und die Baumstämme und Felsen bewohnt zu haben scheinen; die Sigillarien finden sich sparsamer und nur erst in den oberen Schichten des Uebergangsgebirges, dagegen häufiger die Calamiten.

§. 414. Zweite Epoche oder Flora des Steinkohlengebirges. Während der Ruhezeit, welche zwischen der Bildung der ersten Schichten des Uebergangsgebirges und einer neuen Erdrevolution stattgefunden hatte, entwickelte sich die Vegetation der Granitinseln immer mächtiger; die große Feuchtigkeit und Wärme der Atmosphäre begünstigten eine immer üppigere Entfaltung der Blätter und des Holzes und veranlaßten die Entstehung von gewaltigen Bäumen, welche die in der Uebergangsperiode sehr spärlich mit Pflanzenwuchs versehenen Inseln mit Wäldern bedeckten, die zum Theil aus denselben Baumgattungen wie in der Uebergangsperiode, nemlich aus Calamiten und Sigillarien, aber auch und hauptsächlich aus der durch Riesenbäume ausgezeichneten Lycopodiaceengattung Lepidodendron bestanden. Im Schatten dieser Riesenbäume ist eine Menge zierlicher Baumfarrn, namentlich der Gattung Pecopteris gewachsen und zahllose Farrnkräuter haben einen üppigen dichten Ueberzug des Bodens und die Felsen, die Stämme und Aeste der Bäume bis zu den Wipfeln gebildet; an den Rändern der Sümpfe und Lachen scheinen besonders Sphenophyllum-Arten in großer Menge gewachsen zu sein. Man hat bis jetzt in den Schichten des Steinkohlengebirges mehr als 250 Farrnarten, dagegen nur 40 Lepidodendron-Arten, 35 Sigillarien und 10 Calamiten aufgefunden, also nur unvollkommene Gymnospermen, weßhalb die damalige Vegetation noch keine farbigen Blüthen und saftigen Früchte zeigte und ein einförmiges Grün über die Inseln verbreitet war. Nach Jahrtausenden dieser Vegetationsperiode, in welcher keine neuen Pflanzenformen entstanden sind und die Trümmer der abgestorbenen und umgestürzten Bäume und der übrigen Pflanzenwelt eine dicke vegetabilische Schicht auf dem Boden der Wälder bildeten, wurde in Folge einer neuen Erdrevolution und des dadurch entfesselten Sturmwindes die lebende Vegetation mit den Resten der abgestorbenen zu bergehohen Haufen über- und durcheinander geworfen und durch die Meereswogen mit der Bodenschicht von der Oberfläche der Inseln weggespült und nach Buchten des mittlerweile neu gebildeten Festlandes zusammengeschwemmt, wo sie sich auf dem Grunde des Meeres ablagerte. Die so zusammengespülten vegetabilischen Ueberreste wurden durch den Druck des sie bedeckenden Schlammes aus Sand und

Gesteintrümmern zusammengepreßt und durch die sehr hohe Wärme, welche damals die noch sehr dünne Erdkruste von Innen heraus durchdrang, langsam verkohlt und so aus jenen vorweltlichen Gewächsen die Steinkohlenflötze gebildet, die uns jetzt zum großen Theil das Heizmaterial gewähren.

2) Das Reich der Gymnospermen oder Brongniart's Reich der gymnospermen Dikotyledonen, in sechs Epochen zerfallend.

§. 415. Erste Epoche oder Flora der Zechstein- und Kupferschieferformation; Permische Flora. Durch die Periode der Steinkohlengebirgsformation erhielt die Erdoberfläche eine wesentlich andere Gestalt durch das Hervortreten von größeren Massen festen Landes und von Gebirgen; allein jene Erdrevolution stand nicht vereinzelt, sondern sie wiederholte während der ganzen permischen Periode mehrere Male, weßhalb dieser Zeitraum, in welchem der Boden von Neuem erschüttert und überfluthet wurde, nicht günstig für die Vegetation sein konnte, und in der That zeigen sich Zechstein- und die Kupferschieferschichten am ärmsten an vegetabilischen Ueberresten. Die Vegetation, welche sich in der Zeit der Ruhe entwickeln konnte, bestand jedoch schon aus vollkommeneren Pflanzen, aus Baumfarrn und Cycadeen, weßhalb die meisten Pflanzen ein palmenartiges Ansehen hatten. Unter den Baumfarrn dieser Periode zeichnet sich besonders die Gattung Psaronius durch die sehr schlanken Stämme und die herrliche Krone langer, mehrfach gefiederter Wedel aus; überhaupt hatten die Farrn noch das Uebergewicht, während die Cycadeen, ungleich vollkommenere Gymnospermen als Sigillarien, in dieser Epoche zuerst auftraten und die Angiospermen noch gänzlich fehlten. Die Bäume scheinen nur vereinzelt oder höchstens gruppenweise vorgekommen und daher das Land nur spärlich mit Vegetation bedeckt gewesen zu sein.

§. 416. Zweite Epoche oder Flora der Buntsandsteinformation. Die Ablagerungen dieser Periode bestanden in sandigen, thonigen und mergeligen Massen mit zahlreichen vegetabilischen und organischen Resten, wodurch sie ein für die Vegetation sehr günstiges Erdreich bildeten. Es bildete sich in dieser Epoche eine Vegetation, welche, wenn sie auch die Ueppigkeit nicht erreichte, durch die sich die in Steinkohlenflötze verwandelten Wälder auszeichneten, doch aus vollkommeneren Gewächsen und zum Theil schon aus monokotyledonischen Angiospermen bestand und in welcher der gymnosperme Typus seine höchste Vollendung erreichte. Die Wälder der Buntsandsteinepoche waren, wie die wohl erhaltenen Ueberreste in den thonigen und mergeligen Schichten der oberen und mittleren Buntsandsteinformation bezeugen, vorzüglich aus Cycadeen und jetzt nicht mehr vorhandenen Gattungen von Coniferen, besonders aus Haidingeria und Voltzia, die den jetzigen Araucarien Südamerika's und Neuhollands verwandt gewesen zu sein scheinen, und durch Yuccites, ein lilienartiges Baumgewächs, zusammengesetzt, und im Schatten dieser Bäume wucherten grasartige Gewächse, wie Aethiophyllum, und Equisetaceen (Schizoneura), an den Felsen und Baumstämmen Farrnkräuter. Mit den monokotyledonischen Angiospermen bildeten sich große und gefärbte Blumen; durch die Gymnospermen, welche an Zahl der Arten und Individuen alle übrigen der damals existirenden Abtheilung des Gewächsreiches übertrafen, wurde der Charakter der Vegetation bestimmt.

§. 417. Dritte Epoche oder Flora der Muschelkalkformation. Neue Ueberschwemmungen und Erderschütterungen, die wahrscheinlich durch Phonolith-, Dolomit- und Diorytausbrüche veranlaßt wurden, vernichtete beinahe gänzlich die üppige und vollkommene Vegetation der Buntsandsteinformation; da aber die dabei entstehenden neuen Erdschichten keine große Mächtigkeit erlangten, daher keinen sehr starken Druck ausübten, und nunmehr die Erdrinde selbst dick genug war, um die aus dem Inneren strahlende Wärme zu mildern, so ward auch die Verkohlung der überflutheten Pflanzenreste verhindert; es bildeten sich keine Steinkohlenflötze, sondern die organischen Ueberreste wurden versteinert. Nur Porphyr-, Phonolith-, Dioryt- und andere Kuppen überragten das Urweltmeer und scheinen noch keine Vegetation besessen zu haben, während nur Reste der vorher so üppigen Vegetation der Niederungen sich auf kleinen, hohen vereinzelten Eilanden erhalten haben mögen. In dem Meere entwickelte sich in dieser Periode ein ungemein zahlreiches organisches Leben, in der Vegetation durch Algen, namentlich durch Tange, während auf den wenigen Stücken vegetationsfähigen Landes nur wenige neue Pflanzen, die der Mehrzahl nach aus Farrn und Coniferen bestanden, geschaffen wurden. Aus den abgestorbenen Resten der Meerthiere entstanden neue Schichten, der Muschelkalk, welcher die Buntsandsteinformation überlagert und die zweite Etage der Trias bildet.

§. 418. Vierte Epoche oder Flora der Keuperformation. Mit dem Zurückziehen des Meeres oder mit der allmähligen Hebung der untergetauchten Landstriche gegen das Ende der Muschelkalkperiode wurde durch die hervortretende dicke, mit großen Massen von Tangen und Seethieren vermischte, in Verwesung übergehende Schlammschichte ein sehr fruchtbares Erdreich gebildet, auf welchem sich eine sehr reiche und üppige Vegetation entwickelte. Das feste Land bedeckte sich mit dichten Wäldern, besonders aus Calamites arenarius Brongn. mit zahlreichen Coniferen und Cycadeen zusammengesetzt, die sumpfigen Niederungen mit Kräutern und grasartigen Pflanzen, zwischen denen einzelne seltsam gestaltete, ast- und blattlose Baumstämme von Equisetites columnaris Ung. hervorragten. Uebrigens finden sich in den Keuperschichten nur wenige angiosperme Gewächse, die den Monokotyledonen angehört zu haben scheinen.

§. 419. Fünfte Epoche oder Flora des unteren Juragebirges oder der Oolithformation. Senkungen und Hebungen der Erdrinde durch allgemeine Expansion des Erdinneren oder durch starke Ausbrüche von Dioryt, Trachyt und selbst von Granit mögen die Veranlassung gewesen sein, daß das feste Land zu Anfang der jurassischen Periode vom Meere überfluthet wurde und die damalige Schöpfung zu Grunde ging. Die Trümmer dieser Revolution, welche die damals schon bedeutend mächtige und aus den verschiedenartigsten Schichten zusammengesetzte Erdrinde erlitt, lieferten ein reichliches Material zur Sedimentation und bildeten auf dem Grunde des Meeres sehr mächtige, meist aus Kalk zusammengesetzte Schichtensysteme, welche sich wenigstens theilweise bis an die Oberfläche des Wassers erhoben. Die Korallenthiere begannen den Bau ihrer Gehäuse und bildeten dadurch die mächtigen Korallenriffe und Inseln, welche, wie jetzt noch geschieht, nur wenig über die Oberfläche des Meeres hervor-

geragt haben mögen und mit einer üppigen Baum- und Kräutervegetation geschmückt wurden. Der Baumwuchs solcher Inseln bestand aus Baumfarrn und einem monokotyledonischen, pandanusartigen Gewächs Podocaria, besonders aber aus Cycadeen, welche überhaupt in der jurassischen Periode am stärksten repräsentirt waren; unter diesen zeichneten sich insbesondere die jetzt ausgestorbenen Gattungen Pterophyllum und Zamites durch Reichthum von Arten und Individuen aus. Auch einzelne Coniferen fanden sich in den Jurawäldern, in deren Schatten eine üppige Vegetation von Farrnkräutern und Moosen gedieh, während im Meer Tangen und zarte Algen vegetirten.

§. 420. Sechste Epoche oder Flora des oberen Juragebirges oder der Wealdenformation. Gegen das Ende der jurassischen Periode, jedenfalls nachdem die Koralleninseln wieder vom Meer verschlungen worden waren, bildete sich in demselben in mehreren Gegenden der Erdoberfläche eine Ablagerung von Schichten, welche allmählig als kleine Inseln emportauchten und noch gegenwärtig in manchen Ländern, z. B. in England, die oberste Etage der Juragebirge bilden, aus Thon und Geschieben bestehen und in England Wealden genannt werden. Auf diesen Inseln entwickelte sich nicht allein eine ungemein üppige Vegetation aus Baumfarrn, Cycadeen, besonders aus Pterophyllum-Arten und aus Clathraria Lyellii Ung., einem monokotyledonischen Baum von zweifelhafter systematischer Stellung, während der Boden mit üppigen Farrnkräutern überzogen war, sondern auch ein außerordentliches animalisches Leben in den größten und fürchterlichsten Reptilien. Kaum hatten jedoch diese vereinzelten Inseln die letzte jurassische Schöpfung entwickelt, als auch eine neue großartige Revolution sie wieder verwüstete und einen großen Theil des vorhandenen, theils aus jurassischen, theils aus Trias- und Uebergangsablagerungen bestehenden Landes zertrümmerte; durch Jahrtausende bedeckte wiederum das Meer den größten Theil der Erdoberfläche und veranlaßte die mächtigen Kreideablagerungen, welche mit der völligen Emporhebung der jetzigen Continente endigte und für lange Zeit die Entwicklung der Vegetation verhinderte.

3) Das Reich der dikotyledonischen Angiospermen oder Brongniart's Reich der angiospermen Dikotyledonen, in vier Epochen zerfallend.

§. 421. Erste Epoche oder Flora des Kreidegebirges. Mit der Bildung der Kreideablagerungen und der Hebung der Continente gelangte eine neue Pflanzenwelt zur Entwicklung. Die Vegetation war jedoch im Ganzen eine spärliche, wie die untersten Schichten des Kreidegebirges zeigen, in welchem sich nur Tange, jedoch sehr zahlreich finden. Die ersten Pflanzen des Festlandes, welche jetzt ebenfalls in den unteren Kreideschichten begraben liegen, waren einige Coniferen, die später zahlreicher wurden, in der Mehrzahl den jetzigen Gattungen Araucaria, Dammara und Cunninghamia, doch einige auch unseren Fichten und Kiefern ähnelten und mit mehreren Cycadeen, zwei Palmenarten, Flabellaria und Palmacites und vielen dikotyledonischen Laubhölzern aus den Familien der Amentaceen, Acerineen und Juglandineen und anderen unbestimmbaren gesellt waren; sie scheinen kleine und lichte Waldungen gebildet zu haben

und finden sich in den mittleren Schichten des Kreidegebirges im versteinerten Zustand. Die dikotyledonischen Bäume dieser Periode ähneln den gegenwärtigen Gattungen Alnus, Salix, Acer und Juglans, und unter den unbestimmbaren zeichnet sich die Gattung Credneria durch die großen, gelappten, dreifach nervigen und von vielen Adern durchzogenen Blätter aus. Unter diesen Bäumen wuchsen viele Farrn und sogar einige Baumfarrn. Gegen das Ende der Kreideformation bildete sich im Meer eine neue Algenflora, deren Reste die obersten Schichten des Kreidegebirges anfüllen. Die Kreideperiode hatte also bereits die vollkommensten Monokotyledonen und einige unvollkommene Dikotyledonen, auch noch viele Gymnospermen, so daß letztere noch immer stärker in der damaligen Vegetation vertreten waren, als in der jetzigen. Die Pflanzen selbst waren überall und unter allen Breitegraden, wo die Kreideformation entwickelt ist, verbreitet, aber nicht überall dieselben Gattungen, indem gegen die Pole hin andere Gattungen auftreten, als in den Tropengegenden, woraus hervorgeht, daß sich schon damals, wenn auch nur im beschränkten Maßstab, die klimatischen Verhältnisse geltend gemacht haben.

§. 422. Zweite Epoche oder Flora des unteren Tertiärgebirges oder des Pariser Beckens; Formation des Grobkalkes oder der Eocänperiode. Die geringe Vegetation der Kreideperiode ging durch die Ueberfluthungen, welche die Bildung der Kreideschichten veranlaßten, zu Grunde. Durch die allmählige Erhebung großer Theile der Erdrinde erhielten nach vielen allgemeinen und lokalen Veränderungen die Continente am Schluß der Diluvialperiode ihre jetzige Gestalt, worauf wieder ein langer Zeitraum der Ruhe, die Eocänperiode eintrat. Während derselben breiteten sich auf der Oberfläche der Continente an verschiedenen Orten große Meere und Seen theils mit süßem, theils mit salzigem Wasser aus. Diese Wasserbecken, jedenfalls in den Resten des in den Depressionen des Landes angesammelten Meereswassers, wurden später das Grab der reichen Pflanzen- und Thierwelt, welche während der langen Ruhe der Eocänperiode zur Entwicklung gelangt war. Die Vegetation dieser Periode bedeckte in üppiger Fülle den verwitterten Kreideboden, bestand aus einer großen Menge von Kräutern, Gräsern, Sträuchern und Bäumen, die mit verschiedenartig geformten Blättern und, da die Mehrzahl derselben den Monokotyledonen und Dikotyledonen angehörten, jedenfalls mit sehr lebhaft gefärbten Blüthen geschmückt waren, und scheint eine große Aehnlichkeit mit der Physiognomie der jetzigen Tropenvegetation gehabt zu haben. An den Ufern der Binnenmeere und Salzseen wuchsen zahlreiche Algen, auf dem Boden des Landes Moose und Farrnkräuter, nebst mono- und dikotyledonischen Kräutern, Stauden und Sträuchern aus den Familien der Oenothereen, Cucurbitaceen, Malvaceen, Leguminosen, Ericaceen, Liliaceen und Gramineen im Schatten dichter Wälder, welche vorzugsweise aus Palmen, cypressen-, fichten- und taxusartigen Coniferen und dikotyledonischen Laubhölzern, namentlich aus Amentaceen, Cupuliferen, Almaceen und Juglandineen nebst Malvaceen, Sapindaceen- und Leguminosenbäumen zusammengesetzt waren; unter den Malvaceenbäumen zeichnete sich besonders die Gattung Hightia Brongn. durch Reichthum von Arten und Individuen mit großen, gelappten, schön geformten Blättern und wahrscheinlich

auch mit sehr großen und prachtvoll gefärbten Blumen aus. Sehr zahlreich waren auch die Sträucher und Bäume aus der Leguminosengruppe, die sämmtlich zart gefiederte Blätter hatten und daher jener Vegetation ein schönes Ansehen gegeben haben müssen. Die in jener Periode existirenden Pflanzen gehören zum großen Theile noch jetzt vorhandenen Gattungen, wie Equisetum, Chara, Alnus, Quercus, Ulmus, Juglans, Trapa, Nymphaea u. A. an, wogegen Arten dieser Gattungen längst ausgestorben sind. Beim Ueberblick dieser Epoche der Pflanzenschöpfung zeigt sich, daß sich die Natur damals schon bis zu sehr vollkommenen Mono- und Dikotyledonen (Leguminosen, Sapindaceen, Malvaceen und Nymphäaceen) erhob, und daß die dikotyledonischen Angiospermen bereits das Uebergewicht über die übrigen Pflanzen erhielten. Das der Uebergangsperiode wahrscheinlich eigenthümliche Braun, das einförmige Grün der Steinkohlen- und der Triasperiode wurde bereits in der Juraperiode durch farbige Blüthen unterbrochen, und in der Tertiärperiode muß sich die Vegetation der Erde wie ein bunter Blumenteppich gezeigt haben. Die Eocänvegetation war jedoch nicht überall gleich, denn die verschiedenen Eocänbecken haben sehr verschiedene Pflanzenreste; da diese Aenderung der Vegetation mit der geographischen Lage der Becken zusammenfällt, so geht hieraus hervor, daß die klimatischen Verhältnisse bereits einen großen Einfluß auf die Vegetation ausgeübt haben, daß aber auch, da in den Eocänbecken von Sibirien und anderen der arctischen und polaren Zone noch Palmenreste vorkommen, alle Gegenden des Erdkreises und selbst die der Pole sehr heiß gewesen sind.

§. 423. **Dritte Epoche oder Flora des oberen Tertiärgebirges oder der Braunkohlen- und Molassenformation; Flora der Miocänperiode.** Nach der lange ruhig dauernden ersten Epoche der Tertiärperiode folgte eine unruhige Zeit, da nun eine Menge vulkanischer Eruptionen stattfand, womit gewaltige Erderschütterungen verbunden waren, welche große Verheerungen anrichteten und an vielen Stellen den Untergang der Pflanzenwelt herbeiführten. Solche Eruptionen bestanden in Basalt und wiederholten sich späterhin, wahrscheinlich durch große Zwischenräume der Ruhe getrennt. In diesen ruhigen Epochen entwickelte sich auf der Erdoberfläche eine eben so üppige Vegetation, wie sie zur Zeit, welche der Steinkohlenformation voranging, die Erde bedeckte, durch Wärme, Feuchtigkeit und fruchtbaren Boden begünstigt. In sumpfigen Gegenden waren große Moore mit hohen Bäumen dicht besetzt, von denen die abgestorbenen oder abgebrochenen allmählig zu Boden sanken und mit Aesten, Kräutern und Blättern vermischt Schicht auf Schicht bildeten, bis zuletzt die übrig gebliebenen Bäume durch gewaltsame Erderschütterungen niedergeworfen und durch die Trümmer der Basalteruptionen und durch den Schlamm der überwogenden Fluthen bedeckt wurden, die organischen Ueberreste in Vermoderung übergingen und sich so in die theilweise überaus mächtigen **Braunkohlenflötze** verwandelten. Die Wälder, welche hierzu das Material lieferten, bestanden vorzugsweise aus dikotyledonischen Laubhölzern und vielen Arten von Palmen; erstere gehörten vorzugsweise noch jetzt vorhandenen Gattungen, wie Myrica, Betula, Alnus, Quercus, Fagus, Carpinus, Ulmus, Platanus, Ficus und Laurus an, worunter sich zahlreiche Bäume und Sträucher von Erythrina, Mimosa, Acacia, Rhus,

Xanthoxylon, Juglans, Rhamnus, Ceanothus und Acer befanden, und im Schatten dieser Wälder wucherte eine üppige, anscheinend hauptsächlich aus Leguminosen und Apocyneen, aber auch aus Rubiaceen, Umbelliferen, Liliaceen und Gräsern bestehende Kräuter- und Staudenvegetation; auf Teichen und Lachen fanden sich zahlreiche Nymphäaceen. In dieser Periode waren also von der Natur immer mehr Dikotyledonen geschaffen und erhielten das Uebergewicht über die Monokotyledonen, Gymnospermen und Sporenpflanzen; obgleich die Gymnospermen selbst noch immer sehr zahlreich vorhanden waren, so fanden sich die Gefäßsporenpflanzen in einer geringeren und selbst in einer geringeren als in der jetzigen Zahl. Der Einfluß der klimatischen Verhältnisse war unbedingt sehr bedeutend, da die Pflanzenformen der heißen Zone, namentlich die der Palmen in den Braunkohlenflötzen nach dem Norden hin an Zahl der Arten und Individuen auffallend abnehmen.

§. 424. Vierte Epoche oder Flora des Diluviums oder der Pliocänperiode. Bis zur Zeit der vorher genannten Epoche scheint es auf der Erde keine bedeutenden Gebirge und Gebirgssysteme gegeben zu haben, und die, welche jetzt die Erdoberfläche bedecken, sind erst gegen das Ende der Miocänperiode und zwar anscheinend ruckweise und in verschiedenen Zeiten emporgehoben worden. Hierdurch wurden nicht nur starke Störungen des Schichtensystems veranlaßt, sondern auch viele Gesteinsschichten in einander gequetscht, zerbrochen, zerstückelt und selbst zu Staub zermalmt. Diese Veränderungen der Erdoberfläche mußten mit großen Ueberschwemmungen verbunden sein, durch welche sowohl die Dämme der großen Binnenwasser gesprengt wurden, als auch das Meer überfluthete, wodurch die vorhandene Pflanzen- und Thierschöpfung fast gänzlich vernichtet wurde. Da aber die Emporhebung der Gebirgsketten nicht gleichzeitig, nicht auf einmal und nur ruckweise stattgefunden zu haben scheint, so waren auch die Ueberfluthungen zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten (und haben wohl schwerlich jemals die ganze Erde bedeckt), überhaupt die Zeiten der Unruhe getrennt durch Pausen der Ruhe, also Vegetation und thierisches Leben in dieser Periode möglich. Die Pflanzenwelt dieser Periode hatte jedoch ein anderes Ansehen als die der früheren Regionen, da sich mittlerweile der Unterschied der Klimate vollkommen ausgebildet hatte. Die tropische Scenerie der Vegetation, welche noch in der vorhergehenden Epoche über den ganzen Erdkreis ausgebreitet war, erschien wie gegenwärtig auf einen Gürtel beschränkt, dessen Mittellinie durch den Aequator bezeichnet wurde, der aber auch breiter war, d. h. sich mehr nach Norden und Süden erstreckte, als jetzt, indem die ausströmende Erdwärme immer noch einen wesentlicheren Einfluß auf die Temperatur der Luft ausübte, als jetzt. Deßhalb waren die Polargegenden noch frei von Eis und mögen eine der jetzigen kälteren gemäßigten Zone entsprechende Vegetation gehabt haben, während die gemäßigte Zone ein subtropisches Klima hatte, weßhalb selbst in unserem Norddeutschland in dieser Epoche südliche Pflanzenformen in Menge vorkommen konnten, wenn auch Palmen und die ächten Tropenpflanzen nicht vorhanden waren. Durch die Hebung der Gebirgssysteme mußte sich aber auch ein Unterschied der klimatischen Verhältnisse in vertikaler Richtung einstellen; die hohen Gebirge waren,

wie jetzt mit Schnee bedeckt, und überhaupt muß die Eisbildung in den Hochgebirgen noch stärker gewesen sein, da sich zu jener Zeit Gletscher bis weit in das ebene Land hinein erstreckten und die Spuren derselben noch jetzt an vielen Stellen sich wahrnehmen lassen, wo jetzt keine Gletscherbildung möglich ist. Diese großartige Ausbildung der Gletscher ist jedenfalls durch eine rasche Aenderung des Klimas, durch eine plötzliche Abkühlung der Atmosphäre, in Folge deren sehr große Wassermassen in Eis verwandelt wurden, veranlaßt worden; wahrscheinlich wurden zu jener Zeit die Ausgänge großer Gebirgsthäler durch mächtige Eiswälle gesperrt und dadurch große Seen gebildet, in Folge des mächtigen Druckes des Wassers jene zersprengt und dieses konnte sich nun in mächtigen Strömen über das benachbarte Flachland ergießen, riß die vorhandene Vegetation nieder und begrub sie unter Sand, Schlamm und Steinblöcke. Solche partielle Ueberschwemmungen, von welchen die Sagen aller Nationen sprechen, wie z. B. die Sündfluth der Hebräer, mögen die letzten großen Ueberschwemmungen der Erde gewesen sein und schon zu ihrer Zeit müssen auf der Erde Menschen gelebt haben, da man im Diluvialschlamme hier und da menschliche Knochen und Erzeugnisse gefunden hat; sie vernichteten theilweise oder gänzlich die damalige Pflanzen- und Thierwelt. Die Vegetation jener Epoche bestand, wie gegenwärtig, zu $^3/_4$ aus dikotyledonischen Angiospermen und aus lauter jetzt noch vorhandenen Gattungen; die Wälder der gemäßigten und kalten Zone, deren Diluvialschichten allein genau bekannt sind, waren aus Eichen, Ulmen, Pappeln, Weiden, Ahornen, Wallnußbäumen, Fichten und Kiefern, die Strauchvegetation aus zahlreichen Leguminosen, Rosaceen, Amygdalaceen, Rhamneen, Ericaceen u. A. zusammengesetzt; Monokotyledonen und Sporenpflanzen scheinen nicht viele vorhanden gewesen zu sein. Die damaligen Arten existiren nicht mehr, aber ein Liriodendron war das vollkommenste Gewächs jener Epoche, also ein Glied derjenigen Familie, der Magnoliaceen, welche jetzt als die vollkommenste erkannt ist.

§. 425. Die Erdrevolution, welche die Schöpfungen der diluvialen Zeit vernichtete, beschloß, wenn man die Gegenwart nicht als eine Fortsetzung ansehen will, die dritte große, durch das Vorherrschen der dikotyledonischen Angiospermen ausgezeichnete Periode der Pflanzenwelt und bedeckte dieselbe mit Schlamm, Kies, Gerölle und Gesteintrümmern; auf dieser Decke entwickelte sich die neue, artenreichere und vollkommnere Vegetation der Gegenwart, deren Verbreitung, wie in der zweiten Abtheilung des ersten Abschnittes dieses Haupttheiles von §. 345 auseinander gesetzt ist, vorzugsweise durch Einfluß der Sonnenwärme bedingt wird, während die innere Gluth der Erde deren feste Rinde nicht mehr durchdringen und also auch nicht mehr auf die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre einwirken kann. Ein Ueberblick dieser verschiedenen Perioden der Entwicklung des Pflanzenlebens zeigt sogleich, daß die ganze Vegetation der Erde sich in derselben Reihenfolge ausgebildet hat, wie sich noch gegenwärtig die Vegetation an nackten Stellen des Erdbodens entwickelt, die durch die Verwitterung, d. h. durch diejenigen Veränderungen, welche in Folge des Wechsels der Temperatur und des Einflusses der Atmosphärilien (der gemeinschaftlichen Einwirkung von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdampf)

allmählig fähig werden, Pflanzen zu ernähren; solche verwitternde Felsen bedecken sich zuerst mit Flechten, dann mit Moosen und endlich mit höheren Pflanzen, feuchte schattige Mauern erst mit Algen, dann mit Laub- und Lebermoosen, zuletzt mit Schatten und Feuchtigkeit liebenden Samenpflanzen, eine Reihefolge, welche dieselbe ist, die sich bei den Entwicklungsperioden des Pflanzenlebens geltend gemacht hat.

Zustände, Vorkommen und Verbreitung der fossilen Pflanzen.

§. 426. Die in den Schichten der Erdrinde begrabenen Pflanzen- (und Thier-) Reste kommen in fünf verschiedenen Zuständen vor, welche besondere paläologische Bezeichnungen haben.

1) Die Calcination, auch Auslaugung oder Verwitterung benannt, welche vorzugsweise an Thierresten, namentlich an Knochen, Schneckenhäusern, Muschelschalen und anderen festen, der Hauptsache nach aus phosphorsaurem Kalk bestehenden Theilen wahrgenommen wird, besteht darin, daß jenen Theilen durch die lang andauernde Einwirkung des Wassers die organische Materie, besonders der thierische Leim entzogen worden ist und daß bloß die unorganische Masse zurückbleibt. Die Calcination kann bei den Pflanzen nicht vorkommen, da die festen Theile derselben nicht, wie bei den thierischen Körpern, aus Kalk, sondern aus organischer Substanz, selten aus Kieselerde bestehen; etwa die Algengattung Corallina könnte in den Zustand der Calcination kommen, da bei deren Arten der Organismus fast ganz aus Kalk besteht.

2) Die Incrustation besteht in der Ueberziehung organischer Körper mit einer festen Decke von Kalk oder Kieselerde und wird durch den Gehalt der Quellwasser, in welchen die organischen Körper befindlich sind, an kohlensaurem Kalk und an Kieselerde, wie es bei dem Karlsbader Sprudel, bei den heißen Quellen und in vielen anderen Quellwassern der Fall ist. Anfangs ist der incrustirte Körper noch vollständig unter der Steinrinde erhalten, pflegt jedoch später zu verwesen und zu zerfallen, so daß die Incrustation innerlich mit einer erdigen Masse erfüllt ist, oder auch einen hohlen, die ursprüngliche Form des incrustirten Körpers besitzenden Raum zeigt. Incrustirte Pflanzen finden sich häufig in jüngeren und besonders in solchen Schichten, welche sich noch gegenwärtig bilden, wie im Kalksinter und in den Tuffen.

3) Die Petrification oder Versteinerung ist der Zustand der organischen Körper, bei welchem die organische Substanz der Pflanzen (oder Thiere) vollständig durch eine Mineralsubstanz verdrängt oder ersetzt worden ist. Die versteinernde Substanz, welche entweder die des umgebenden Gesteins oder eine fremdartige ist, besteht in den meisten Fällen aus (besonders kohlensaurem) Kalk oder Kieselerde, Verkalkung oder Verkieselung oder aus einer metallischen Substanz, gewöhnlich Schwefeleisen; Vererzung. Die festen Theile des Pflanzenreiches und namentlich das Holz sind leicht dem Versteinerungsproceß unterworfen, und noch gegenwärtig zeigt sich dieser Proceß häufig an in kalk- oder kieselerdehaltigem Wasser befindlichen Holzstücken. Von fossilen Pflanzen finden sich häufig Stämme, Aeste, Zapfen, hartschalige Früchte und Samen, seltner Blätter versteinert, welche stets die innere Struktur vollkommen erhalten zeigen,

was besonders bei der Verkieselung der Fall ist, wie z. B. das stets verkieselte Coniferenholz der Buntsandsteinformation unter dem Mikroskop die jedem Coniferenholz eigenthümliche prosenchymatische Gestalt und die doppelt umgebenen Tüpfel der Holzzellen deutlich erkennen läßt.

4) Die Verkohlung, welche vorzugsweise bei Pflanzen vorkommt, besteht in der Entfernung gewisser Elementarbestandtheile der organischen Körper in bestimmten Verhältnissen und in der Beraubung der in Wasser auflöslichen Stoffe, wobei bloß Kohlenstoff oder eine sehr kohlenstoffreiche dunkelgefärbte organische Substanz und die Aschenbestandtheile zurückbleiben. Je nach dem Grad der Zersetzung sind vier verschiedene Formen verkohlter Pflanzenreste entstanden, nemlich Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit.

Der Torf bildet sich gegenwärtig noch in den Mooren, welche oberflächlich mit Torfmoosen, wie Sphagnum, und anderen Laubmoosen, sowie mit verschiedenen höher entwickelten Pflanzen, z. B. mit Eriophorum-Arten bedeckt zu sein pflegen; diese Pflanzen, welche alljährlich, wenn auch nur bei den Moosen der untere Theil des Stengels (während dieser nach oben fortvegetirt) absterben, verwesen nicht, wie es auf trocknem Boden der Fall sein würde, sondern werden von dem Wasser nur ausgelaugt und in dem übrigen Theil von organischer Beschaffenheit entsteht ein Vermoderungsproceß, wobei Verbindungen mit einem größeren Kohlenstoffgehalt entstehen, welche die Dunkelfärbung veranlassen, aber noch die Form der Pflanzentheile haben. Bei weiter fortschreitender Zersetzung zerfallen auch die Pflanzenformen und es entsteht eine schwarze, brei- oder speckartige Masse.

Die Braunkohlen sind aus den Vegetationen früherer Perioden unter ähnlichen Umständen wie der Torf gebildet, nur daß die abgestorbenen und zusammengestürzten Gewächse mit mächtigen Schichten von Schlamm, Steingetrümmer u. s. w. bedeckt und so einem sehr starken Druck ausgesetzt wurden. Sie lassen ihre Abstammung aus dem Pflanzenreich sehr leicht erkennen, und sehr häufig findet man wohlerhaltene, aber breitgedrückte Baumstämme in den Braunkohlenlagern, die sich wie frisches Holz fasern und spalten lassen. Als Begleiter der Braunkohlen tritt häufig Bernstein auf, der aus dem fossilen Harz der in Braunkohlen verwandelten Bäume besteht.

Die Steinkohlen und selbst solche, die nur aus verkohlter vegetabilischer Substanz bestehen, lassen nur selten Zeichen der zelligen Pflanzennatur erkennen, sondern bilden gewöhnlich eine gleichmäßige dichte Masse von muscheligem Bruche, der nicht selten aus dünnen parallelen Schichten besteht, welche häufig dünnere Ueberzüge von messinggelbem Schwefeleisen zeigen. Bei der Bildung der Steinkohlen ist, wie unter §. 414 angeführt, die hohe Temperatur der Erde thätig gewesen.

Der Anthrazit stellt die älteste vegetabilische Kohle dar und findet sich in Nestern und dünnen Schichten im Uebergangsgebirge. Er ist noch härter, steinartiger, schwärzer und bitumenfreier als die Steinkohlen, was anzeigt, daß bei seiner Bildung die Temperatur der

Erdrinde noch viel höher war, als zur Zeit der Steinkohlenbildung; auch läßt sich nie in ihm eine vegetabilische Struktur erkennen.

Im verkohlten Zustande werden vorzüglich Stämme, Wurzeln, Aeste, Früchte und Samen, seltner Blätter angetroffen; nur in der Steinkohlenformation pflegen noch die Blätter und blattartigen Gebilde, besonders die zarten Wedel der Farrn in dünne strukturlose Kohlenlamellen verwandelt zu sein, während die Blätter der in der Braunkohlenformation begrabenen Pflanzen dagegen bald bloß ausgelaugt, nicht wirklich verkohlt, bald, wie überhaupt die blattartigen Gebilde fossiler Pflanzen, nur im Abdruck erscheinen, in welchem Fall das Blatt oder überhaupt der organische Körper in dem ursprünglich weichen Gestein bloß seine Form eingedrückt hat und dann verwest ist.

Die Abformung ist das Produkt der Ausfüllung hohler Abdrücke mit Gesteinsmasse, also ein förmlicher Abguß; solche Abgüsse, welche auch Steinkerne genannt werden, durch welche die Form vorweltlicher organischer Körper erhalten worden ist, kommen besonders häufig von Schnecken und Muscheln, auch von Baumstämmen, Aesten und Früchten, aber aus leicht begreiflichen Gründen selten von Blättern vor.

§. 427. Die fossilen Pflanzen finden sich nur selten ganz und im wohl erhaltenen Zustand, gewöhnlich nur in Bruchstücken von Stämmen und Aesten, in beblätterten Zweigen, in einzelnen Blättern, Früchten und Samen; niemals haben sich die Blüthen erhalten, wenigstens sind bis jetzt noch nicht Blumenblätter, dagegen häufig Samen und Früchte aufgefunden worden. Die Blätter liegen gewöhnlich in der Nähe der Aeste und Stämme und nur selten sitzen sie noch an den Aesten. Von vielen vorweltlichen Pflanzen kennt man nur die Blätter und zwar meist als Abdrücke, von anderen bloß Stämme oder Früchte, und da auch diese Theile oft bis zur Unkenntlichkeit verstümmelt sind, so wird es unmöglich, die Pflanze zu bestimmen, der sie angehörten; am besten sind die mit Kieselerde versteinerten Pflanzen und die Pflanzenabdrücke in den Thonschichten der Stein- und Braunkohlenformation erhalten, jedoch auch hier oft die Bestimmungen mit großen Schwierigkeiten verbunden.

§. 428. Fossile Pflanzen sind zwar in den Schichtensystemen aller geologischen Perioden, aber nicht in allen Schichten enthalten; die Mehrzahl derselben kommt in Kalk-, Mergel- und Thonschichten, eine geringere Zahl in den Sandstein- und Conglomeratschichten vor. Besonders reich an fossilen Pflanzen sind die Kohlenschiefer- und Schieferthonschichten des Steinkohlengebirges, die Sandsteinschichten und bunten Mergel der Triasperiode, die Mergelschichten des Juragebirges und die Thonschichten der Braunkohlenformation.

Die fossilen Pflanzen der ersten und zweiten Periode der Vegetation finden sich in allen Punkten der Erde, wo die betreffenden Schichten zur Entwicklung gelangt sind, die der dritten Periode haben dagegen anscheinend dieselbe Verbreitung, wie die Pflanzen der gegenwärtigen Periode. Da jedoch verhältnißmäßig nur wenige Gegenden und selbst auch Europa noch nicht in allen Theilen auf ihre fossile Flora untersucht worden sind, so läßt sich eine Geographie der fossilen Pflanzen noch nicht entwerfen.

Druck von C. Hoffmann in Stuttgart.

Döbereiner's
Deutsches Apothekerbuch.

Zweiter Theil.

Zweite Abtheilung. Dritte Section.

Grundriß der Zoologie

von

Dr. Franz Döbereiner.

Stuttgart.

Ad. Becher's Verlag.

1855.

Döbereiner's

Deutsches Apothekerbuch.

Zweiter Theil.

Zweite Abtheilung. Dritte Section.

Grundriss der Zoologie

von

Dr. Franz Döbereiner.

STADTBIBLIOTHEK * AUGSBURG *

Stuttgart.

1853.

Vorwort.

Der Grundriß der Zoologie bildet das Schlußheft des deutschen Apothekerbuches, dem noch ein Register für die sämmtlichen Abtheilungen und Sectionen des zweiten Bandes beigefügt ist, so daß dieser Band eben so leicht benutzbar und zweckentsprechend wird, als der erste und dritte Band des Apothekerbuches. Bei dem Umfang der übrigen Hülfswissenschaften für die Pharmacie und da von dem Apotheker nur allgemeine zoologische Kenntnisse beansprucht werden, konnten und durften der Zoologie nur wenige Bogen gewidmet werden, und deßhalb sind in diesem Grundriß nur die wichtigsten Abschnitte, namentlich die Entwicklungsgeschichte des Thieres, in einer mehr umfassenden Weise erörtert worden, und der Verfasser darf hoffen, solche gewählt zu haben, die jeden Gebildeten, also auch den Apotheker interessiren. In Bezug auf die für die Pharmacie wichtigen Thiere ist stets auf den pharmakognostischen Theil des Apothekerbuches verwiesen, wo die Beschreibung der officinellen Thiere oder einzelner Theile derselben in hinreichender Ausdehnung gegeben

wurde. Für den allgemeinen Theil ist besonders die Volksnaturgeschichte von Agassiz, Bronn u. s. w. und für den besonderen Theil in specie für die Systematik Osc. Schmidt's Lehrbuch der Zoologie benutzt worden.

Dr. Döbereiner.

Inhaltsverzeichniß.

Allgemeiner Theil.

Begriff und Umfang der Zoologie.

§. 1. Die Zoologie oder Thierkunde ist derjenige Theil der Naturgeschichte, welcher von den Thieren handelt. Diese Wissenschaft hat die äußeren Formen, das Wichtigste des inneren Baues, die Lebensweise und die Heimath der bekannten Thiere kennen zu lehren und die in der Gesammtheit ihres Wesens übereinstimmenden Thierformen in Arten, Gattungen, Familien, Ordnungen und Klassen systematisch zusammenzustellen, um so das Vielen Gemeinsame leichter hervorzuheben und das Erkennen der einzelnen Arten zu erleichtern.

§. 2. Die Thiere sind belebte Naturkörper mit Empfindung und freier willkürlicher Bewegung; sie haben also mit den Pflanzen das Leben gemein, während diese ohne Empfindung sind und sich nicht willkürlich bewegen können (vergl. über die anderweit gesuchten Unterschiede zwischen Thieren und Pflanzen die Section „Botanik" §. 2).

Das thierische Skelett.

§. 3. Das ganze Körpersystem der sog. höheren Thiere stützt sich auf dem Knochengerüst oder Skelett, dessen Beschaffenheit im Allgemeinen bekannt sein muß, wenn die Verhältnisse des thierischen Körperbaus verständlich sein sollen. In nachstehenden §§. ist das Skelett des Menschen als Maßstab angenommen worden, um hiernach die übrigen mannichfach veränderten Skelette anderer Thiere zu beurtheilen.

Skelett des Menschen.

§. 4. Die Knochen, ossa, bestehen der Hauptsache nach aus unorganischen Verbindungen von einer bestimmten Form und Festigkeit, um den übrigen Organen theils als Unterlage und Befestigung, theils als Hülle zu dienen; zugleich sind sie durch Gelenkbildung und andere mechanische Verrichtungen befähigt, die mannichfaltigsten Bewegungen auszuführen. Die Knochen sind theils dicht, theils durchbrochen und grobporös, weßhalb man auch eine compacte Knochensubstanz, substantia corticalis, die sich nur als äußere Rinde der Knochen findet, und eine spongiöse Knochensubstanz, substantia cellularis, unterscheidet; letztere findet sich im Inneren der Knochen und besteht aus netzförmig verbundenen, vielfach verschlungenen Balken und Blättchen, deren Zwischenräume Markzellen, Markkanäle oder Markröhren, canales medullares seu Haversiani genannt werden. Nach der Form werden die Knochen in flache oder breite Knochen, Röhrenknochen und unregelmäßige Knochen unterschieden.

§. 5. Die Verbindung der Knochen unter einander ist eine verschiedene, denn sie sind entweder unbeweglich mit einander durch die Naht verbunden oder sie sind beweglich und in diesem Fall durch verschiedene Arten von Gelenken verbunden.

§. 6. Das Skelett des ausgewachsenen normalen Menschen besteht aus 205 Knochen, von denen 86 doppelt vorhanden und 33 unpaarig sind und auf den Kopf einschließlich der Gehörknöchelchen 28, auf den Stamm 51, auf die Arme einschließlich des Schulterblattes und des Schlüsselbeins 64 und auf die Beine 62 kommen. Die den Kopf bildenden Knochen haben zweierlei Bestimmungen, nemlich einmal die Kapsel für das Gehirn, den eigentlichen Schädel, und zum anderen das Gerüste für das Gesicht zu bilden und werden deßhalb in Schädelknochen und Gesichtsknochen unterschieden; sie sind mit Ausnahme des Unterkiefers und Zungenbeins unbeweglich mit einander verbunden. Die Gesichts- und Schädelknochen ruhen auf einer etwas über zwei Fuß langen, aus den in einer Reihe über einander gelagerten wahren und falschen Wirbeln gebildeten Knochensäule, auf dem sog. Rückgrate, an welches die übrigen Knochen des Rumpfes und der Extremitäten angeheftet sind.

§. 7. Das Rückgrat besteht aus 26 Knochen, von denen 24 wahre, die beiden anderen aber, das Kreuzbein und das Steißbein, falsche Wirbel sind. Die obersten, unmittelbar dem Schädel sich anschließenden und keine Rippen tragenden wahren Wirbel heißen Halswirbel, die 12 darauf folgenden, Rippen tragenden und dadurch mit dem Brustbein in Verbindung stehenden Rückenwirbel und die 5 unteren, keine Rippen tragenden Lendenwirbel; an diese schließt sich das Kreuzbein und hieran das Steißbein an. Durch sämmtliche Wirbel läuft eine ununterbrochene Höhle bis in das Kreuzbein herab; sie steht mit der Schädelhöhle in direkter Verbindung und nimmt das Rückenmark, eine Fortsetzung des Gehirnes, in sich auf.

§. 8. An das Rückgrat sind die Extremitäten als obere und untere oder Arme und Beine, mit den Vorder- und Hinterfüßen der Thiere übereinstimmend, geheftet. Der Arm ist mittels des Schlüsselbeins und des Schulterblattes an den Rumpf geheftet und besteht aus dem Oberarmknochen, den beiden Unterarmknochen, welche der Länge nach nebeneinander liegen, und den Handknochen, die wiederum in Handwurzelknochen, welche zwei, aus je vier kleinen unregelmäßigen Knöchelchen bestehende Reihen bilden, ferner in die fünf Mittelhandknochen und in die Fingerknochen unterschieden werden. Die Beine, welche einen den Armen sehr ähnlichen Bau haben, schließen sich mittels des aus drei paarigen Knochen bestehenden Beckens dem Rückgrat an und bestehen in einer den Armknochen vollkommen analogen Reihenfolge aus dem Oberschenkelknochen, den beiden Unterschenkelknochen, den Fußwurzelknochen, den Mittelfußknochen und den Zahngliederknochen.

Skelett der Säugethiere.

§. 9. Das Skelett der Säugethiere schließt sich zwar dem menschlichen enge an, jedoch finden sich hier und da einzelne durch Lebensweise und Aufenthalt bedingte Verschiedenheiten und insbesondere variirt hier die

Zahl der Knochen sehr. Das Schlüsselbein ist nur bei solchen Thieren vorhanden, welche ihre Vorderbeine vorzugsweise zum Graben, Springen, Klettern u. s. w. benutzen.

Skelett der Vögel.

§. 10. Da die Lebensweise der Vögel eine von den Menschen und Säugethieren sehr abweichende ist, so muß deren Skelettbau sehr bedeutend von dem der letzteren variiren. Die auffallendste Veränderung findet sich in dem Knochenbau der unteren Extremität, damit nach der Bestimmung der Vögel, den ganzen Körper in der Atmosphäre schwebend zu erhalten, bei jedem Flügelschlang eine möglichst große Quantität Luft zusammengepreßt werde. Es geht hieraus hervor, daß diejenigen Vögel, welche ein großes Flugvermögen besitzen, eine starke Entwicklung der Handwurzeln und Handknochen haben müssen und daß in gleichem Verhältnisse eine Veränderung in der Gestalt des Brustbeins vorhanden sein muß; in der Mitte desselben erhebt sich bei gut fliegenden Vögeln ein Kamm, Crista sterni, zum Ansatz derjenigen Brustmuskeln, durch welche der Flügelschlag bedingt wird. In den übrigen Körpertheilen der Vögel zeigen sich ebenfalls sehr wichtige Abweichungen von dem Skelett der Menschen und Säugethiere; der Schädel der Vögel besitzt keine Zähne, aber statt dieser einen die beiden Kiefern bedeckenden hörnernen Ueberzug, den Schnabel, welcher nicht allein in einem genauen Verhältniß zu der Lebensweise der Vögel steht, sondern auch zur Erzielung einer gleichmäßigen Gewichtsvertheilung des Körpers verschiedenartig gestaltet ist; der Oberarmknochen und das Brustbein sind bei sehr vielen Vögeln hohl und mit Luftzellen ausgefüllt, die in unmittelbarer Verbindung mit großen Luftsäcken, welche sich in der Leibeshüfte befinden, unmittelbar aus den Lungen selbst mit Luft versorgt werden und das specifische Gewicht der Vögel, ungemein verringern, stehen. Die unteren Extremitäten der Vögel haben in typischer Beziehung denselben Knochenbau, wie die Säugethiere, nur mit gewissen Veränderungen je nach dem Gebrauch, den die Vögel von diesen Extremitäten machen.

Skelett der Reptilien und Amphibien.

§. 11. Das Skelett der Reptilien und Amphibien zeigt je nach der Lebensweise dieser Thiere einen verschiedenen Bau. Sehr entwickelte Extremitäten besitzen die Batrachier und Saurier, während sie sich bei den Schlangen nur sehr rudimentär vorfinden und als ganz kleine Knochenstückchen angedeutet werden. Der Schädel, besonders die Zahnbildung, zeigt mannichfache Veränderungen; der Unterkiefer wird bei den meisten Thieren dieser großen Familien durch einen eigenthümlichen Knochenapparat, durch das sogenannte Quadratbein, mit dem Oberkiefer verbunden; fast alle Saurier besitzen einen eigenthümlichen Knochen, Columella, welcher allen übrigen Reptilien fehlt; diese haben keinen eigentlichen Halswirbel und Lendenwirbel, da diese Unterscheidung auf der An- oder Abwesenheit von Rippen an den Wirbeln verschiedener Regionen des Rumpfes beruht. Die Zahl der Wirbel ist sehr verschieden; eine bedeutende Anzahl besitzen die Proteideen, die Salamandrinen und Cäcilien, sowie auch alle geschuppten Reptilien und unter diesen besonders die schlangenähnlichen

Saurier, die geringste Zahl dagegen die ungeschwänzten Batrachier. Schulter, Beckengerüste und die Knochen der Extremitäten zeigen selbst bei den im Wasser lebenden Gattungen rücksichtlich ihrer allgemeinen Anordnung eine größere Aehnlichkeit mit denen der Säugethiere als mit denen der Fische.

Skelett der Fische.

§. 12. Das Skelett der Fische ist im Allgemeinen von seitlich comprimirter Form, an welcher regelmäßig der Höhendurchmesser den Seitendurchmesser bedeutend übertrifft. Die Schädelknochen sind im Allgemeinen weniger fest untereinander verbunden als bei den übrigen Wirbelthieren, und die Zähne zeigen rücksichtlich der Zahl und Anordnung große Verschiedenheiten. Die Wirbelkörper der Fische sind, wie bei einigen Reptilien, biconcav und tragen eine große Zahl von Rippen. Die Extremitäten sind sehr verkürzt, Schulter- und Beckengürtel sehr vereinfacht und diese Organe darauf berechnet, die Thätigkeit der Schwimmblase, durch welche wohl hauptsächlich die Locomotion der Fische bedingt wird, zu unterstützen.

Skelett der wirbellosen Thiere.

§. 13. Auf der ungemeinen Abweichung des Skelettsystems der wirbellosen Thiere von dem der Wirbelthiere beruht die Unterscheidung dieser beiden größten Abtheilungen des Thierreiches. Das Weichgebilde des thierischen Körpers ist bei den wirbellosen Thieren durchgehends nicht auf ein inneres knöchernes Skelett, sondern auf verschiedene Ersatzmittel desselben gestützt. Bei einigen Gattungen dient zur Stützung der thierischen Weichgebilde das Hautskelett, eine eigenthümliche, aus Chitin*) bestehende Rinde, die sich bei den Anthropoden am meisten entwickelt zeigt und hier den Körper der Thiere so vollständig umhüllt, daß sich alle Organe in ihrem Inneren ansetzen. Bei den Mollusken findet sich statt dieses Chitinskeletts entweder eine aus kohlensaurem Kalk bestehende Hülle (Muschelschalen, Schneckenhäuser u. s. w.), oder ein häutiger Mantel (bei den nackten Mollusken), oder eine lederartige, mit Stücken von kohlensaurem Kalk vermischte Körperhülle (bei den Radiaten), während in dem Hautskelett der Würmer wiederum Chitin auftritt. Nichts Bestimmtes ist hingegen über ein Skelett der Protozooen zu sagen.

Die thierische Haut.

§. 14. In dem vorhergehenden §. ist bereits angeführt, daß die Haut bei einer großen Abtheilung der Thierwelt die Stelle des Skeletts einnimmt. Bei den Thieren der übrigen Abtheilungen vertritt sie die mannichfaltigsten Functionen, indem sie in Verbindung mit den ihr eigenthümlichen Organen bald als warmes Bedeckungsorgan, bald als Schutz- und selbst als Vertheidigungs- und Angriffswaffe dient und in anderen Fällen die Aufnahme der ernährenden Materialien und den Austausch der die Respiration bedingenden Gase vermittelt.

*) Das Chitin, dessen chemische Zusammensetzung durch die Formel $C_{17} H_{14} N O_{11}$ ausgedrückt wird, ist nicht in Wasser und Alkalien, aber ohne Färbung in concentrirten Mineralsäuren löslich, daraus durch Gerbsäure fällbar und als ein Proteinderivat zu betrachten.

§. 15. Die **Oberhaut**, Epidermis, d. h. die obersten aus Zellen bestehenden Schichten der Haut, ist bei den Säugethieren gewöhnlich nicht sehr dick, bisweilen aber, wie beim Rhinoceros, Elephant, in den Gefäßschwielen der Affen u. s. w., schwielenartig verdickt und bildet mitunter, wie am Schwanze einiger Nager, dachziegelförmig sich verdickende Schuppen; nur bei den Gürtelthieren entwickelt sich ein wirklich knöchernes, mit den charakteristischen Knochenkörperchen versehenes Hautskelett, das mit einer hornartigen Epidermis überzogen ist. Die **Haare** bilden die gewöhnliche Bekleidung der Epidermis, fehlen nur wenigen Säugethieren, haben je nach der Stelle des Körpers verschiedene Namen (Kopfhaare, Brusthaare, Bauchhaare, Schamtheilhaare u. s. w.) und werden zuweilen durch **Stacheln** ersetzt oder kommen mit diesen zugleich vor. Die **Nägel** und **Krallen** der Säugethiere sind von blättrigem Bau und sowohl hierdurch als auch durch die Bildungsweise von den **Hufen** und **Klauen** wesentlich verschieden.

§. 16. Die äußere Haut der Vögel, welche verhältnißmäßig dünner als bei den Säugethieren ist, besteht aus der **Lederhaut**, Cutis, und verschiedenen Oberhautbildungen, nemlich: 1) aus der eigentlichen feinen Epidermis, welche die Haut an den zwischen den Federn gelegenen Stellen überzieht, 2) aus den **Federn**, welche in **Lichtfedern**, Pennae, in **Dunen**, Plumulae, in **Halbdunen**, Pennoplumae, und in **Fadenfedern**, Filoplumae, unterschieden werden, 3) aus den **Schnabelscheiden**, einem hornartigen, die Stelle der Zähne vertretenden Ueberzug der beiden Kiefern, 4) aus den **Schuppen**, welche die hinteren Extremitäten theilweise bekleiden und den Schuppen vieler Reptilien analog gebildet sind, 5) aus den **Nägeln der Fußzehen** und 6) aus den **Sporen**.

§. 17. Die Haut der Amphibien und Reptilien ist sehr verschieden gebildet; am einfachsten ist sie bei den nackten Amphibien und bei den geschuppten zeichnet sie sich durch ihre bedeutendere Dicke aus. Bei den Krokodillen zeigt sie größere sehr regelmäßige Abtheilungen oder Schilder; bei den Schildkröten hingegen befinden sich auf der Brust- und Rückengegend Verknöcherungen, welche mit dem oberen Wirbelbogen und Rippen, sowie auch mit dem Brustbein verwachsen sind, das sog. **Rückenschild** bildend. Bei einigen Sauriern zeigt die Haut noch die eigenthümliche Erscheinung, die Farben zu wechseln, eine Erscheinung, welche dem Vorhandensein gewisser contractiler Pigmentzellen zugeschrieben wird.

§. 18. Die Bildungsverschiedenheiten in der Haut der Fische sind theils durch Anwesenheit von Schuppen, von festeren Verknöcherungen u. s. w., theils von der verschiedenen Dicke der Cutis abhängig; diese letztere wird von den Pflasterepithelialzellen, in welchen meist die bei den Fischen vorkommenden Schuppen eingelagert sind, bedeckt.

§. 19. Die Hautbedeckungen der Gliederthiere sind schon §. 13 erwähnt worden; bei den Cephalopoden ist die Haut nackt und sondert einen eigenthümlichen Schleim ab, wodurch das ganze Thier schlüpfrig erhalten wird; bei den Mollusken ist die Haut meist der der Cephalopoden ähnlich und nur einige besitzen Kalkschalen, andere lederartige Bedeckungen, die zu den Hautgebilden gehören; über die Haut der Würmer, Strahlthiere und Protozooen ist hier nichts weiter zu sagen.

Die Lebensverrichtungen der Thiere und ihre wichtigsten Organe.

§. 20. In den beiden vorhergehenden Abschnitten sind in allgemeinen Zügen die inneren Stützen und die Bedeckungen des thierischen Körpers betrachtet worden; in den nachfolgenden §§ dieses Abschnittes wird das thierische Leben, d. h. der thierische Körper in seiner Thätigkeit und in den hierzu dienenden Organen geschildert.

§. 21. Das thierische Leben äußert sich in der Empfindung, in der Bewegung, in der Ernährung und in der Fortpflanzung. Diese Functionen, welche sich bei allen Thieren, wenn auch deren Organe gradweise höher oder einfacher ausgebildet sind, nachweisen lassen, werden in animale Functionen d. h. in solche, welche ausschließliches Eigenthum der Thiere sind und wohin die Empfindung und die willkürliche Bewegung gehören, und in vegetative Functionen, die Ernährung und Fortpflanzung, welche auch den Pflanzen zukommen, unterschieden.

Erster Abschnitt.

Die Empfindungsorgane und ihre Verrichtungen.

§. 22. Das Nervensystem nebst den Sinneswerkzeugen ist derjenige Complex von Organen, welcher die geistige Thätigkeit des Thieres vermittelt d. h. äußere Eindrücke empfindet und wahrnimmt, den thierischen Körper zur Reaction gegen diese Eindrücke erregt und befähigt, und selbst alle unwillkürlichen Bewegungen, die ohne alle vorangegangene Empfindung und ohne Bewußtsein erfolgen und sich auf die Gebiete der Ernährung und Absonderungen beziehen, bedingt. Man unterscheidet, obgleich sehr gezwungen und bei vielen niederen Thieren ein solcher Unterschied nicht nachweisbar ist, ein animatisches Nervensystem, welches den willkürlichen Bewegungen vorsteht, und ein vegetatives oder sympathisches Nervensystem, welches die unwillkürlichen Bewegungen der Ernährung und Absonderung beherrscht. Die Centra des animalen Nervensystems der höheren Thiere sind das Gehirn und Rückenmark, die des vegetativen Systems und die Nervencentra aller übrigen Thiere die Ganglien, weßhalb man eine durchgehende Unterscheidung in ein centrales Nervensystem und in ein peripherisches Nervensystem aufstellen konnte.

§. 23. Das peripherische Nervensystem wird durch die von dem centralen System abgehenden und im Körper sich verbreitenden Nerven gebildet, welche bei den Wirbelthieren in Gehirnnerven und Rückenmarksnerven unterschieden werden. Jeder Nerv besteht aus einer Anzahl von Nervenfasern, welche parallel neben einander verlaufen und durch die Nervenscheide zu einem Nerv vereinigt werden; die Nervenfasern sind dünne Hüllen oder Scheiden, in denen ein eigenthümlicher Inhalt, das Nervenmark, welches wahrscheinlich als vermittelndes Prinzip für die Geistesfähigkeiten auftritt, eingeschlossen ist. Bei den wirbellosen Thieren

finden sich eigenthümliche Anschwellungen der Nervenstämme, die Nervenknoten oder Ganglien, welche hier die Stelle des Centralnervensystemes einnehmen und eigenthümliche Gebilde, die sog. Ganglienkugeln, einschließen.

§. 24. Das Gehirn der Wirbelthiere ist um so mehr entwickelt, je höher die Entwicklungsstufe des Thieres selbst ist und zeigt sich deßhalb auf der höchsten Entwicklungsstufe bei dem Menschen. Bei dem Gehirn des Menschen scheinen es die vorderen großen Hirnlappen zu sein, welchen die höheren Seelenverrichtungen obliegen, denn je mehr jene entwickelt sind, also um so auffallender das Verhältniß zwischen dem großen und kleinen Gehirn ist, um so mehr treten die thierischen instinctiven Thätigkeiten gegen die freien Willensäußerungen zurück. Das Gehirn wird vollkommen von der knöchernen Schädelhöhle umschlossen und außerdem noch von drei Häuten umgeben, nemlich von der harten Haut, Dura mater, welche sich zunächst an die Innenfläche der Schädelhöhle anlegt, von der Gefäßhaut, Arachnoidea, und von der weichen Haut, Pia mater. Das Gehirn zerfällt in das große und das kleine Gehirn und in das verlängerte Mark. Das große Gehirn und das kleine Gehirn sind durch eine starke seröse Membrane, durch das Zelt, Tentorium cerebelli, das bei einigen Thieren, namentlich bei den Hunden verknöchert ist, von einander getrennt. An das kleine Gehirn setzt sich das verlängerte Mark an, welchem sich das Rückenmark anschließt; dieses ist in die Rückenmarkshöhle, welche durch Wirbel gebildet wird (vergl. §. 7), vollkommen eingeschlossen und wird wie das Gehirn von drei Häuten umgeben.

§. 25. Vom Gehirn aus entspringen die Sinnesnerven, welche aus der Verbindung eines Nerven mit einer eigenthümlichen Verrichtung, durch welche besondere äußere Reize nach eben diesem Nerven hingeleitet und concentrirt werden, entstehen. Die Sinnesnerven sind für fünf verschiedene Functionen bestimmt und sie werden deßhalb in Gesichtsnerven, Gehörnerven, Geschmacksnerven und Geruchsnerven unterschieden, während es für das Gefühl keine besondern Nerven gibt, indem alle diejenigen Nerven, welche sich im Körper verbreiten, als Gefühlsnerven fungiren. Die Organe, welche für die Functionen einzelner Sinnesnerven speciell bestimmt sind, heißen Sinnesorgane und als solche sind das Auge, das Ohr, die Nase und die Zunge zu nennen; für das Gefühl findet sich kein besonderes Organ, vielmehr ist der ganze Körper innerlich und äußerlich dafür empfänglich; die Haut ist nur mittelbar als Gefühlsorgan zu betrachten, da sie verschiedene andere Functionen hat. Die Sinnesorgane sind jedoch nicht bei allen Thieren so entwickelt und vereinigt, wie bei den höheren Thieren und besonders bei den Menschen; es giebt eine große Menge, wenn auch nur den niedrigsten Formen angehörenden Thieren, welche kein Nervensystem, also auch keine Sinnesorgane besitzen, und hat man auch bei Thieren dieser niederen Formen Empfänglichkeit für Lichteindrücke beobachtet, so ist man doch zu der Annahme berechtigt, daß die ganze homogene Körpermasse dieser Thiere für diese sowie für die übrigen Functionen gleichzeitig bestimmt sei. Auch die Thiere niedriger Ordnungen, welche ein Nervensystem besitzen, haben keine Sinnesorgane und erst bei den Weichthieren und Articulaten kann man einen Unter-

schied zwischen peripherischem und centralem Nervensystem und Sinnesorgane wahrnehmen.

§. 26. Ein Geschmacks- oder Geruchsorgan ist durch die Ausbreitung der Geschmacks- oder Geruchsnerven unter einer durch eigenthümliche Absonderungen schlüpfrig erhaltenen Haut und die Vollkommenheit des Sinnes ist jedenfalls von dem Grade der Ausbreitung der Nerven abhängig. Das Gesichtsorgan erfordert die Verbindung lichtbrechender Medien mit den Nerven; fehlen erstere, so kann der Sehnerv höchstens das Gefühl von Licht und Dunkel veranlassen, nie wird aber in diesem Fall das Thier wirklich sehen. Das Gehörorgan verlangt einen leicht zu erschütternden und die Schallwellen fortpflanzenden Apparat, der sich in der einfachsten Form als ein Bläschen zeigt, zu welchem der specifische Gehörnerv herantritt. Besondere Gefühlsorgane entstehen, wenn sich ein Gefühlsnerv an einen harten, zur Fortpflanzung von Tasteindrücken geeigneten Körper, an ein Schnurhaar, an einen Nagel u. s. w. legt.

§. 27. Bei den Weichthieren sind zwar die Seh- und Gehörorgane höchst einfach eingerichtet und nur mit den zur Lichtbrechung und zur Schallleitung unbedingt nöthigen einfachen Apparaten versehen, aber die Geschmacksorgane bieten bei manchen dieser Thiere schon ziemlich verwickelte Verhältnisse dar. Die Sehorgane der Insecten besitzen eine ganz eigenthümliche Construction, da sie aus halbkugelförmig über einander gelagerten Kegeln, welche mit der Spitze auf einen Punkt gerichtet sind und je einzeln ein Auge darstellen, bestehen und deßhalb zusammengesetzte Augen genannt werden; bei den übrigen Gliederthieren sind hingegen die Augen einfach. Ein Gehörorgan ist bei den meisten Gliederthieren noch nicht nachgewiesen und wo ein solches vorhanden, ist die Stellung und Beschaffenheit sehr verschieden. Das Geschmacksorgan dieser Thiere besteht in einer einfachen Zunge, welche zum Theil weich und fleischig, zum Theil von horniger Beschaffenheit ist. Das Geruchsorgan ist an diesen Thieren noch unbestimmt, obgleich sehr vielen die Fähigkeit des Riechens nicht abgesprochen werden darf.

§. 28. Die Sinnesorgane der Wirbelthiere zeigen eine bedeutend größere Entwicklung. Die einfachsten findet man bei den Fischen; das Auge ist meist ohne Augenlider, die Hornhaut flach, die Krystalllinse kugelförmig; das Ohr ist nach außen geschlossen und besteht nur aus dem Vorhof und den halbzirkelförmigen Kanälen; die Nasenlöcher sind meist blinde Gruben an der Schnauze und mit der gefalteten Riechhaut ausgekleidet und öffnen sich nur sehr selten in den Rachen; die Zunge erscheint noch nicht als Geschmacksorgan, besteht höchstens aus einem mit Schleimdrüsen versehenen Ueberzug des vorderen Zungenbeinstückes, hat einen harten Ueberzng und ist zuweilen dicht mit Zähnen besetzt; die sog. Bartfäden, Cirrhi, an der Schnauze sind nur zuweilen vorhanden und gelten als Tastwerkzeuge. Bei den Amphibien und Reptilien sind die Augen nur wenig mehr entwickelt, aber mit Augenlidern versehen; diese Thiere haben nie ein äußeres Ohr und keinen oder nur einen sehr kurzen äußeren Gehörgang und bei den nackten Amphibien fehlt durchgehends die Schnecke, bei den Schlangen Paukenfell und Paukenhöhle; die Zunge ist der Geschmacksempfindung fähig und bildet bei den Schlangen das Tastorgan. Bei den

Vögeln ist das Auge durch bedeutende Sehkraft ausgezeichnet, mit Lidern versehen und von dem der Säugethiere durch einige eigenthümliche Theile, durch den Knochenringfänger und die Nickhaut, unterschieden; das äußere Ohr fehlt und nur bei einigen Eulen findet sich etwas Aehnliches; die inneren Ohrtheile sind weit einfacher als die der Säugethiere und besitzen nur ein Gehörknöchelchen; die Zunge ist nicht knorpelig und nur selten Sitz des Geschmacksorgans; die Nasenhöhlen sind durch eine Scheidewand von einander getrennt und liegen im Schnabel.

§. 29. Die Säugethiere besitzen stets alle fünf Sinnesorgange. Die Augen sind durch zwei Augenlider geschützt; die Wandungen des kugelförmigen Augapfels werden durch eine weiße harte Haut, Sclerotica, gebildet, deren vorderer Theil durchsichtig ist und Hornhaut, Cornea, heißt; durch die Hornhaut dringen die Lichtstrahlen ins Innere; die Höhle des Augapfels ist in eine vordere kleinere und hintere größere geschieden, welche Abtheilungen durch die Sehöffnung oder Pupille communiciren; in der hinteren Abtheilung liegt die Krystalllinse, vor ihr die wässerige Feuchtigkeit, hinter ihr der Glaskörper; diese drei Körper sind vollkommen durchsichtig, schwerer als Wasser und dadurch sowie auch durch die Wölbung ihrer Oberfläche im Stand, die Lichtstrahlen so zu brechen, daß sie sich auf der hinteren inneren Fläche des Augapfels zu einem kleinen Bild vereinigen, dessen Eindruck durch die Sehnerven bis zum Gehirn fortgeleitet wird; die an dem Augapfel angehefteten Muskeln können denselben nach allen Richtungen hinbewegen; die ebenfalls in der Augenhöhle liegende Thränendrüse erhält durch ihre Absonderungsfeuchtigkeit das Auge schlüpfrig. — Die Gehörorgane der Säugethiere sind meist sehr zusammengesetzt; es ist meist ein äußeres Ohr, die Ohrmuschel vorhanden; diese sammelt die Schallwellen und leitet sie durch den Gehörgang zum gespannten Trommelfell, hinter welchem die Trommelhöhle mit den Gehörknöchelchen und dem Labyrinth befindlich ist; die Gehörknöchelchen sind Hammer, Ambos und Steigbügel; das Labyrinth besteht aus dem Vorhof, den drei halbzirkelförmigen Kanälen und der spiralförmig gewundenen Schnecke, welche mit dem Vorhof durch das ovale Fenster, mit der Trommelhöhle durch das runde Fenster in Verbindung steht; die Schwingungen des Trommelfelles werden durch die Gehörknöchelchen und das runde Fenster der Flüssigkeit des Vorhofes, sowie durch die Erschütterung der Luft in der Trommelhöhle dem runden Fenster und so dem Gehörnerv mitgetheilt. — Als das Geruchsorgan der Säugethiere dient die Nase; diese besteht aus verschiedenen mit einander in Verbindung stehenden Höhlen an der Vorderseite des Schädels; die Höhlen sind mit einer Schleimhaut ausgekleidet, worin sich die Geruchsnerven sehr fein zertheilen, und stehen nach hinten mit der Rachenhöhle in Verbindung. Diese enthält das Geschmacksorgan, die Zunge, einen aus verschiedenen Muskeln zusammengesetzten Körper, an dessen Oberfläche eigenthümlich gestaltete, den Sitz des Geschmacksinnes bildende Drüsen befindlich sind. Gefühlsorgane fehlen den Säugethieren, vielleicht sind aber die Bartborsten gewisser Klassen derartige Werkzeuge; die Haut ist dagegen der allgemeine Sitz des Gefühlsinnes und zwar um so mehr, je weniger sie behaart, beschuppt oder in irgend einer Weise verdickt ist.

Zweiter Abschnitt.

Die Bewegungsorgane und ihre Verrichtungen.

§. 30. Das Vermögen der freiwilligen Bewegung, welches allen Thieren, wenn auch manchen nur in geringem Maßstab oder auf gewisse Körpertheile beschränkt, zukommt, wird fast durchgehends durch die Muskelthätigkeit, die aber selbst durch den Einfluß der Nerven erregt wird, bewirkt. Die Muskeln sind also in den meisten Fällen als die Bewegungsorgane der Thiere zu betrachten; sie bestehen aus einer Reihe von Fäden, die wiederum aus noch viel zarteren Fäden, den Muskelfasern, welche die Eigenschaft der Ausdehnung und Zusammenziehung besitzen, zusammengesetzt sind und in ihrer Gesammtheit einen großen Theil dessen ausmachen, was das Fleisch genannt wird, und das von den die Muskelthätigkeit hervorrufenden Nerven so durchsetzt ist, daß jeder Muskelbündel einen oder mehrere Nerven enthält, deren Fäden zwischen alle Muskelfasern hindurchdringen. Die Bewegungsmuskeln sind am Skelett stets so angebracht, daß sie sich in ihrer Ausbildung für die Ortsbewegung nach der Masse des Thiers, nach der beabsichtigten Beweglichkeit oder Art der Bewegung, und nach dem Medium, gegen welches die Bewegung wirken soll, richten. Die Muskelfasern, welche auch Primitivfasern genannt werden, sind quergestreifte, aus welchen bei den höheren Thieren vorzugsweise die der Willkür unterworfenen Muskeln bestehen, und glatte Primitivfasern.

§. 31. Die Bewegung der Thiere ist je nach der Mitwirkung des bewegten Organs eine active oder passive und nach der Abhängigkeit vom Willen des Individuums eine willkürliche oder unwillkürliche oder gemischte Bewegung. In letzterer Beziehung werden auch die Muskeln unterschieden, da die Zusammenziehungen einiger derselben, wie die der zur Ortsbewegung bestimmten Glieder, gänzlich vom Willen abhängen, die Zusammenziehungen des Herzens und des Magens ganz unabhängig sind, die Respirationsmuskeln hingegen, die an und für sich unabhängig vom Willen wirken, demselben zeitweise, wie beim Zurückhalten des Athmens, unterworfen werden können. Die active Bewegung ist durch die Muskelthätigkeit, die passive Bewegung durch die Mitwirkung der Knochentheile oder der das Knochenskelett vertretenden Körpertheile bedingt; die Muskeln werden daher die activen Bewegungsorgane, die Knochentheile die passiven Bewegungsorgane genannt.

§. 32. Bei den niederen Thieren findet sich ein ziemlich weit verbreitetes Gewebe, welches die Stelle der Muskeln vertreten kann und die contractile Substanz genannt wird. Auch die sog. Flimmer- oder Wimperorgane, welche in der Regel die Gestalt von kleinen Härchen oder Wimpern haben, meist in unzählbaren Mengen übereinander stehen (Flimmerepithelien) und sich in ununterbrochenen Wimpern, der Bewegung befinden, müssen zu den Bewegungsorganen gerechnet werden; ihre Thätigkeit ist jedoch oft der Willkür und dann auch dem directen Nerveneinfluß entzogen.

§. 33. Die Bewegung, wodurch ein Thier seiner Lust, Nahrung oder Sicherheit wegen sich von einem Ort zum anderen begiebt, heißt der Ortswechsel oder die Locomotion, welche eine der wichtigsten und merkwürdigsten Anwendungen des aus Knochen und Muskeln bestehenden thierischen Apparates und wohl von den Bewegungen zu unterscheiden ist, die das Thier verrichten kann, ohne den Ort zu wechseln, wie das Athmen, Käuen u. s. w. Die Mittel, welche die Natur dem Thiere behufs des Ortswechsels unter den mannichfaltigen Verhältnissen, in welchen es sich befinden kann, verliehen hat, sind zwar sehr verschiedenartig, doch lassen sich alle Bewegungen auf zwei Pläne zurückführen, indem nemlich entweder der ganze Körper im Ortswechsel versetzt ist oder nur einzelne seiner Theile dazu verwendet werden.

§. 34. Die Art und Weise des Ortswechsels ist bei den verschiedenen Thierklassen sehr verschieden. Die Quallen schwimmen durch die Zusammenziehung ihres glockenförmigen Körpers, wodurch das in der Glockenhöhle befindliche Wasser herausgetrieben und das Thier in der entgegengesetzten Richtung fortgetrieben wird; andere, wie die Holothurien und Salpen (Salpen) u. s. w., sind mit einem Sack oder einer Röhre versehen, welche sie mit Wasser füllen und dieses plötzlich herausstoßen, wodurch ein Strahl gebildet wird, der in Folge des Wasserwiderstandes auf das Thier zurückwirkt. Gewisse Thiere, wie z. B. der Regenwurm, dessen Körper aus einer Reihe mit Muskeln verbundener Ringe, welche sich mehr oder weniger zusammenschieben, zusammengesetzt ist, ziehen der Reihe nach kleine Theile des Körpers zusammen, die hierdurch fester geworden als Widerstandspunkte dienen, auf welche sich die Thiere stützen, indem sie den Körper vorwärts schieben. Andere Thiere besitzen an dem einen oder an beiden Enden des Körpers einen Napf oder ein anderes Organ, womit sie sich der Reihe nach an verschiedenen Stellen festhalten und fortbewegen; so der Blutegel, der mit dem am Hinterende befindlichen Saugnapf sich befestigt, sich dabei durch die Zusammenziehung der Muskelfasern, welche den Körper ringförmig umgeben, verlängert und sich mit dem am Vorderende befindlichen Napf ebenfalls festsaugt, dann aber am Hinternapf von der Fläche losläßt, wodurch der Körper durch die Zusammenziehung der Längsmuskeln wieder verkürzt und die ganze Masse desselben voran gezogen wird und hier derselbe Vorgang wiederholt wird. Eine ähnliche Locomotion haben die meisten Muscheln mittels eines fleischigen Organs, des sog. Fußes, der vorwärts geschoben, auf einen passenden Körper befestigt und dann zusammengezogen, hierdurch aber der ganze thierische Körper mit der ihn einschließenden Schale nachgeschleppt wird. Schnecken und viele ähnliche Thiere werden durch die der Reihe nach stattfindende Zusammenziehung der in unendlicher Zahl auf der Unterfläche des Körpers befindlichen sehr kurzen Muskeln fortbewegt.

§. 35. Die Mehrzahl der Thiere besitzt jedoch bestimmte Organe, durch welche der Ortswechsel bedingt wird. Die einfachsten dieser Art sind die §. 32 erwähnten Wimpern, welche den Körper der meisten Infusionsthierchen bedecken und durch ihre ununterbrochenen Schwingungen rasche Bewegungen der Thierchen veranlassen. Die kleinen fadenförmigen Röhrchen, welche auf allen Seiten des Körpers der Seeigel und Seesterne hervortreten und an ihrem Ende mit einem Sauger versehen sind, befestigen

sich an irgend einen unbeweglichen Gegenstand und ziehen sich dann ein, wodurch eine wenn auch nur langsame, rollende Vorrückung der Thiere bewirkt wird. Die Insecten zeichnen sich durch die große Vollkommenheit ihrer Bewegungsorgane aus; sie haben wenigstens drei Paar Beine und meist auch Flügel; die Krüster haben mindestens fünf Paar zum Gehen und Schwimmen brauchbare Füße. Einige der Ringelwürmer haben nur kurze Borsten für die Locomotion und selbst diejenigen, welche zahlreiche Füße besitzen, wie die Tausendfüße, können sich nur langsam fortbewegen. Einige Meerthiere bedienen sich der Kiemen als Bewegungsorgane. Die größte Verschiedenheit in den Bewegungsorganen und in den Arten des Ortswechsels, so wie auch die größte Vollkommenheit derselben findet man bei den Wirbelthieren, eine Vollkommenheit, welche auf dem inneren Skelette beruht, welches nicht allein die Entwicklung einer großen Kraft zuläßt, sondern auch zugleich den Bewegungen einen großen Grad von Genauigkeit giebt.

§. 36. Die natürliche Haltung, d. h. das Stehen der Thiere, hängt von der Form und Function der Gliedmaßen ab. Die meisten das Land bewohnenden Säugethiere und die Reptilien, welche ihre vier Füße zum Gehen gebrauchen, besitzen eine wagerechte Wirbelsäule und ruhen gleichzeitig auf den Hinter- und Vorderfüßen. Die Vögel, deren Vorderbeine zur Flugbewegung dienen, stehen in der Ruhe auf den Hinterbeinen allein, obgleich das Rückgrad noch ziemlich wagerecht ist. Der Mensch allein ist zur aufrechten Stellung bestimmt, wobei der Kopf auf die Spitze der Wirbelsäule erhoben ist; einige Affenarten können sich zwar auf den Hinterbeinen in einer aufrechten Stellung erhalten, jedenfalls aber auf eine gezwungene, nicht naturgemäße Weise.

§. 37. Die Bedingniß des Stehens liegt darin, daß die Füße unter dem Schwerpunkt sind, d. h. daß der Punkt, auf welchem der Körper sich selbst im Gleichgewicht erhält, innerhalb des von den Füßen eingeschlossenen Raums fällt. Ist der Schwerpunkt außer dieser Grenze, so muß das Thier nach der den Schwerpunkt behauptenden Seite hin fallen. Je zahlreicher und je weiter von einander entfernt die Stützpunkte des Thieres sind, desto fester steht dasselbe, weshalb auch die Vierfüßer das Gleichgewicht weniger leicht verlieren, als die Vögel. Bei dem Vorhandensein von vier Füßen ist es nicht nothwendig, daß dieselben eine breite Grundfläche besitzen; überhaupt haben die meisten Vierfüßer schlanke Beine, die den Boden nur mit einer kleinen Fläche berühren, da breite Füße nur das Gewicht vermehren, aber die feste Stellung nicht erhöhen würden. Die Vögel sind hingegen mit langen nach vorn gerichteten Zehen versehen, wodurch das Uebergewicht des Oberkörpers ausgeglichen wird; sie spreitzen dieselben beim Gehen auseinander und machen sie zu Dreifüßen. Die Muskeln dieser Zehen sind so eingerichtet, daß sie sich durch das Gewicht des Körpers fest zusammenziehen müssen, wenn sie nicht auf einer breiten Unterfläche ruhen; dadurch wird es erklärlich, weßhalb ein Vogel auf dem Zweig ohne Anstrengung und mit voller Sicherheit ruhen und selbst schlafen kann.

§. 38. Bei den Vierfüßern biegen sich die Gelenke zwischen Rumpf und Gliedmaßen mit Leichtigkeit nur in einer Richtung und zwar gegen den Schwerpunkt, so daß, wenn eins der Gliedmaßen nachgiebt, die Neigung

zum Fallen durch den Widerstand der Gliedmaßen am anderen Körperende aufgehoben wird. Dieselbe Gegenwirkung zeigt sich auch an den Gelenken der einzelnen Gliedmaßen, welche sich abwechselnd in entgegengesetzter Richtung biegen, wie z. B. der Schenkel vor- und das Schienbein rückwärts, der Oberarm aber rück- und der Vorderarm vorwärts biegsam ist. Hierauf beruht die Voranbewegung des Thieres, welche durch ein abwechselndes Strecken und Beugen der Gliedmaßen bewirkt und je nach der Schnelligkeit oder nach der Ordnung, in der hierbei die Beine in Bewegung gesetzt werden, das Gehen, Laufen, Hüpfen, Klettern, Fliegen oder Schwimmen genannt wird. So verschieden hierbei die Bewegungen und übrigen Verrichtungen der Gliedmaßen, je nach dem Element, in welchem sich der thierische Körper bewegt, erscheinen, so sind doch sämmtliche Wirkung desselben Mechanismus, der Zusammenziehung der gleichen Reihe von Muskeln.

§. 39. Das Gehen oder Schreiten der Thiere ist die gewöhnliche und natürliche Art der Voranbewegung. Findet das Gehen, wie bei dem Menschen, nur mit zwei Beinen statt, so wird der Körper vorwärts geneigt und sein Schwerpunkt in dieser Richtung gehalten; während dem nur ein Bein den Körper unterstützt, wird das andere vorangesetzt, um wechselsweise den Körper am Fallen zu hindern und ihn zu tragen. Das Voraneinandersetzen der Beine würde jedoch eine sehr beträchtliche Anstrengung erfordern, wenn die Muskeln das Gewicht derselben tragen sollten; durch die ganz eigenthümliche Einrichtung der Gelenke, vollkommen geschlossen zu sein, so daß der Luftdruck von außen genügt, sie ohne Hülfe der Muskeln zusammenzuhalten*), wird das Voranschreiten ungemein erleichtert. Beim gewöhnlichen Gang des Menschen berührt der vorschreitende Fuß den Boden, bevor der andere aufgehoben wird, so daß der Körper einen Augenblick auf beiden Füßen ruht; nur bei beschleunigter Bewegung werden beide Acte zugleich ausgeführt. Das Gehen der übrigen Säugethiere ist ein ganz ähnlicher Vorgang, nur daß der Körper immer auf zwei Füßen mindestens ruht; die Füße werden in einer bestimmten Ordnung aufgehoben und zwar gewöhnlich so, daß der Hinterfuß der einen Seite auf den Vorderfuß der anderen folgt; nur einige Thiere (die Giraffe, das Lama und der Bär) heben beide Füße einer Seite in demselben Augenblicke auf, welche Art zu gehen der Paßgang genannt wird.

§. 40. Das Laufen oder Rennen ist eine rasche Wiederholung der Bewegung des Gehens; beim Pferd, Hund und den meisten Säugethieren ist aber ein Unterschied in der Ordnung und in dem Tact beim Schritt, Trab und Galopp. Der Trab hat zwei Tacte, indem das Thier die Beine übers Kreuz gleichzeitig bewegt, der Galopp hingegen drei Tacte, indem das Thier, nachdem es die zwei Vorderbeine nach einander voran bewegt hat, die beiden Hinterbeine gleichzeitig vorwärts setzt; wird der Galopp bis zum Carrier gesteigert, so finden nur zwei Tacte statt, indem dann auch die Vorderbeine gleichzeitig aufgehoben und niedergesetzt werden.

---

*) Werden alle Muskeln rings um das Hüftgelenke weggeschnitten, so bleibt der Schenkel doch fest am Becken hängen; bohrt man aber ein Loch in das Gelenke, so daß Luft zutreten kann, so wird der äußere Luftdruck aufgehoben und der Schenkel löst sich nun augenblicklich ab.

§. 41. Das Hüpfen (Springen oder Setzen) besteht in einer Beugung und plötzlichen Streckung aller Gliedmaßen, welche den Körper mit so großer Gewalt fortschleudert, daß er sich einen Augenblick gänzlich über den Boden erhebt. Die meisten Thiere, welche sich hierzu immer fürerst bücken, bringen diese Art der Bewegung nur gelegentlich, bei Uebersteigung eines Hemmnisses in Anwendung; bei einigen aber, wie bei dem Hasen, dem Frosch, dem Känguruh u. s. w., ist es die gewöhnliche Art der Bewegung. Da zum Hüpfen vorzugsweise die Hinterbeine gebraucht werden, so sind diese bei allen hüpfenden Thieren stärker als die Vorderbeine. Auch einige Vögel, wie der Sperling und die Drossel, machen nur hüpfende Voranbewegungen, ohne in den Beinen auffallende Unterschiede von denen anderer Vögel zu zeigen, während eine große Menge hüpfender Insecten, z. B. der Floh, die Grillen und Heuschrecken, stark entwickelte Hinterbeine haben; manche Insecten hüpfen aber nur entweder, wie Podurella, mittels einer elastischen Vorrichtung, die in Form eines Hakens an den Schwanz befestigt ist und bei der Locomotion unter den Körper zurückgekrümmt und losgelassen wird, oder, wie Elater, durch eine unter der Brust befindliche Vorrichtung, welche gegen den Hinterleib gestoßen wird.

Das Klettern ist nur das Gehen auf der geneigten oder senkrechten Oberfläche eines Gegenstandes. Die vorzugsweise oder auch nur gelegentlich kletternden Thiere üben das Klettern mittels scharfer an den Füßen befindlichen Nägeln aus, wie z. B. Katzen, Eidechsen, Spechte u. s. w.; andere bedienen sich hierzu nur der Vorderfüße, mit welchen sie den zu erkletternden Gegenstand umschlingen; noch andere bedienen sich neben den Vorderfüßen des Schwanzes, wie die Affen, und manche Vögel zugleich des Schnabels. Es giebt aber auch Thiere, deren Locomotion nur in Klettern besteht, wie z. B. die Faulthiere, welche nur sehr schwerfällig gehen können, aber vermittels ihrer langen Arme sich auf den Bäumen mit großer Geschicklichkeit von einem Ast zu dem anderen bewegen.

§. 42. Das Fliegen wird durch die gleichzeitige Bewegung der beiden vorderen Gliedmaßen, der sog. Flügel bewerkstelligt, indem sie, wenn sie ausgebreitet worden sind, beim Zusammenschlagen oder Flattern die Luft unter sich zusammendrücken, wodurch diese zu einer augenblicklichen Unterlage für den Vogel wird und dadurch und zum Theil auch durch die gefiederte Oberfläche des Körpers den Vogel augenblicklich in der Schwebe erhält. Da aber in Folge der geringen Dichte der atmosphärischen Luft diese Unterlage sehr vergänglich ist und der Vogel größere und schneller auf einander folgende Anstrengungen machen muß, um diesen Nachtheil aufzuwiegen, so ist zum Fliegen ein größerer Aufwand von Kraft als zum Gehen erforderlich, weßhalb auch die Vögel die größte Menge von Muskeln an der Brust zusammengehäuft haben. Zur Erleichterung des Fluges bringt der Vogel nach jedem Flügelschlag die Flügel dicht an den Körper, wodurch der Luft für die Locomotion die möglichst kleine Oberfläche des thierischen Körper als Widerstand geboten wird und zu dieser Verminderung des Widerstandes kommt noch die Schlankheit des Vorderkörpers und das Zurückziehen der Füße. Einige Vierfüßler, wie der fliegende Maki und die Drachenechse, haben an der Seite eine Hautfalte, welche sie durch die Beine ausbreiten können und sie in Stand setzt, entweder zu fliegen oder

mit großer Leichtigkeit von Ast zu Ast zu springen; auch die sog. fliegenden Fische können ihre Brustflossen so ausdehnen, daß sie sich nicht allein dadurch aus dem Wasser herausschnellen, sondern auch eine ziemliche Zeit lang in der Luft schwebend erhalten können; aber in beiden Fällen findet kein wahrer Flug statt, da keine der besonderen Verrichtungen, welche zum Flug nothwendig sind, dabei vorkommen.

§. 43. Das Schwimmen ist die den meisten Wasserthieren eigenthümliche Locomotion, welche von denselben mit geringerer oder größerer Leichtigkeit und in Folge davon mit geringerer oder größerer Schnelligkeit ausgeübt wird. Diese Locomotion hat das mit der des Fluges überein, daß das Mittel, in welchem sie statt findet, das Wasser, zur Unterlage des Körpers dient und dem Anstoß der Flossen leicht nachgiebt, unterscheidet sich aber von dem Flug dadurch, daß, da das Wasser bedeutend dichter als die atmosphärische Luft und der Körper der meisten Wasserthiere von gleicher Schwere mit dem Wasser ist, eine weit geringere Anstrengung nöthig ist, um das Sinken des thierischen Körpers zu verhindern. Das Schwimmen erfordert daher eine weit geringere Muskelkraft und die Thätigkeit derselben wird insbesondere zur Voranbewegung in Anspruch genommen. Die Schwimmorgane der Wasserthiere werden Flossen genannt, welche jedoch in anatomischer Beziehung sehr ungleichartige Theile vertreten. Bei den Walen (Walen) sind die Vordergliedmaßen und der Schwanz in Flossen umgewandelt und bei den Fischen dienen die Brustflossen, welche den Armen entsprechen, und die Bauchflossen, welche die Hintergliedmaßen vertreten, zum Schwimmen, während die Voranbewegung durch den Schwanz oder die Schwanzflosse bewerkstelligt wird, indem diese rechts und links gleichmäßig gewendet und beim schiefen Schwimmen nur entgegengesetzt der Seite, wohin die Wendung gehen soll, eine größere Muskelkraft entwickelt wird; die Wale, so wie einige Roggen und Haye schwimmen hingegen dadurch, daß sie die wagerechte Schwanzflosse auf- und abwärts bewegen. Durch die Luftblase wird das Steigen und Sinken des Fisches erleichtert, indem sie je nach der größeren oder geringeren Anfüllung mit Luft die Eigenschwere desselben vermindert oder erhöht. Auch die meisten Landthiere sind des Schwimmens mehr oder minder fähig, wobei sie im Wasser nur die gewöhnlichen Bewegungen des Gehens machen. Diejenigen aber, deren vorwaltender Aufenthalt das Wasser ist, wie der Biber, oder diejenigen, welche von Wasserthieren leben, wie die Otter und verschiedene Vögel, haben sog. Schwimmfüße, d. h. Füße, deren Zehen durch eine Haut verbunden ist, welche bei der Ausspannung der Zehen als Ruder wirkt. Es giebt jedoch auch eine große Zahl wirbellose Thiere, welche vorzugsweise oder einzig und allein sich durch Schwimmen vorwärts bewegen; so schwimmen die Krebse wie die Wale durch senkrechte Bewegung des Schwanzes; andere Kruster, wie z. B. Lupa, haben ein Paar wie Ruder gestaltete Beine. Manche Insecten schwimmen mittels ihrer am Rande der Länge nach mit reichlichen steifen Haaren besetzten Beine; die Sepien brauchen ihre langen Arme als Ruder und manche Seesterne bewegen ihre Strahlen mit großer Gewandheit; einige Insecten vermögen mit ihren Füßen auf der Oberfläche des Wassers herumzulaufen. Diejenigen Thiere, welche mit gleicher Leichtigkeit und mit denselben Glie-

dern auf dem Lande und im Wasser leben, wie die meisten Reptilien, heißen Amphibien. Solche Thiere, deren Lebensfunction gemeinschaftlich im Laufen, Fliegen und Schwimmen besteht, wie z. B. die Tauchenten und die Wasserhühner, haben für keine dieser drei Locomotionen eine ausgezeichnete Fähigkeit.

Dritter Abschnitt.

Die Ernährungsorgane und ihre Verrichtungen.

§. 44. Die Massezunahme des thierischen Körper in der Zeit seiner Entwicklung, so wie der ununterbrochene Verlust von Theilchen bei der Thätigkeit der Muskeln erfordert die Zuführung von solchen Stoffen in den thierischen Körper, welche theils zur Entwicklung der Körpermasse, theils zum Ersatz der verbrauchten Körpertheilchen verwendet werden. Man nennt hierzu geeignete Stoffe Nahrungsmittel und entnimmt sie ihrer natürlichen Quelle, dem Pflanzen- und Thierreich, ja selbst auch dem Mineralreich; der Act der Zueignung heißt die Ernährung oder die Nutrition, der Act der Abnutzung und des Ersatzes der Körpertheilchen im Besonderen auch, da ein beständiger Austausch von Stoffen zwischen dem thierischen Körper und der Außenwelt stattfindet, der Stoffwechsel. Während des Wachsthums des thierischen Körpers ist die Aufnahme der Nahrungsmittel höher, als die Abgabe der abgenutzten Theilchen, nach Vollendung des Wachsthums findet Gleichgewicht zwischen aufgenommenen und abgeschiedenen Stoffen statt und später, bei der Abnahme des Lebens, überwiegen die abgeschiedenen Stoffe die aufgenommenen, bis dadurch der Organismus so erschöpft wird, daß seine Verrichtungen aufhören, d. h. der Tod erfolgt.

§. 45. Die Ernährung vereinigt verschiedene Vorgänge in sich. Die von dem thierischen Körper aufgenommenen, festen und flüssigen, als Nahrungsmittel dienenden Stoffe werden fürerst dem Verdauungsproceß oder der Digestion unterworfen, wobei auch die festen Stoffe in den flüssigen Zustand übergeführt, die nährenden Theile von den Auswurfsstoffen getrennt und zur Bildung von Blut, Muskeln, Knochen u. s. w. verwendet werden. Der Rückstand wird aus den Theilchen des Körpers, welche theils einer Erneuerung bedürfen, theils durch verschiedene sog. Secretionsprocesse aus dem Blut abgeschieden worden sind, ausgeworfen. Aus der Luft, welche das Thier athmet, werden gasförmige Stoffe aufgenommen und abgeschieden und dieser Act bildet einen dritten Theil des Ernährungsvorganges, den Athmungsproceß oder die Respiration. Endlich werden die in dem Verdauungsproceß vorbereiteten flüssigen ernährenden Stoffe durch Ströme, welche gewöhnlich in Gefäße eingeschlossen sind und auf dem Rückwege diejenigen Theilchen mit sich führen, welche erneuert oder ausgestoßen werden sollen, in alle Theile des Körpers geleitet, was die Circulation heißt. Die nähere Betrachtung dieser vier Vorgänge und der dazu dienenden Organe ist der Gegenstand der folgenden Abschnitte.

A. Die Verdauung.

§. 46. Der Vorgang, wodurch die ernährenden Theile der Nahrungsstoffe bearbeitet und zur Blutbildung vorbereitet werden, findet in verschiedenen Höhlen des Nahrungskanales, im Magen und in den sog. Eingeweiden statt. So verschiedenartig auch dieser Nahrungskanal bei den verschiedenen Thierklassen zusammengesetzt ist, so giebt es kein Thier der niedrigsten Organisation, das nicht einen Magen hätte. Bei den Polypen besteht der Verdauungsapparat aus einer einzigen Höhle; ist hier die Nahrung hinreichend verdaut worden, so geht sie in die allgemeine Körperhöhle über, die mit Wasser gefüllt ist, und mit diesem gemengt fließt sie allen Theilen des Körpers zu. Bei den Quallen und einigen Würmern findet sich zwar schon ein unterschiedener Magen mit Anhängen, welche sich nach allen Richtungen verbreiten und eine vollständigere Verarbeitung der Nahrung bewerkstelligen, aber auch bei diesen Thieren vermengt sich noch das Product der Verdauung, der Speisebrei, mit den Flüssigkeiten in der Körperhöhle, welche die Eingeweide umgiebt, und in deren Aesten, so daß Verdauung und Kreislauf räumlich nicht unterschieden sind. Bei den übrigen Klassen des Thierreiches lassen sich die auf die Ernährung bezüglichen Verrichtungen immer mehr und mehr unterscheiden, je höher die Entwicklungsstufe dieser Klasse ist, und Verdauung und Kreislauf finden getrennt in verschiedenen Höhlen statt. Die wichtigsten bei der Verdauung betheiligten Organe sind hier der Magen und die kleinen Gedärme, welche schon bei den höheren Strahlthieren, wie z. B. bei den Seeigeln, bei denen der Magen weiter als die beiden Enden des Nahrungskanales ist, angedeutet werden. Nach der Lebensweise der Thiere sind zwar die Maße und die Form der Eingeweidehöhlen sehr verschieden, aber die ihnen zukommenden besonderen Functionen bleiben unabänderlich dieselben und die drei Haupthöhlen sind bei jedem Thier, wo sie vorkommen, in derselben Reihenfolge, nemlich zuerst der Magen, dann der Darm, der anfangs enge ist und sich oft gegen sein Ende hin erweitert.

§. 47. Die Nahrung gelangt vom Munde aus durch eine enge Röhre im Hals, durch die Speiseröhre, Oesophagus, welche jedoch nicht immer ein gerader Kanal von gleichbleibender Weite, sondern oft mit einem zuweilen sogar ansehnlichen Beutel oder Kropf, in den die Nahrungsstoffe zuerst eintreten, versehen ist, in den Magen. Hier findet der eigentliche Verdauungsproceß statt und beginnt sogleich, so wie die Nahrung dahin gelangt, in Folge der Einwirkung einer besonderen Flüssigkeit, Magensaft benannt, welche aus das Innere des Magens überziehenden Drüsen abgeschieden wird. Zuweilen wird der Verdauungsvorgang entweder, wie bei manchen Vögeln, durch die Bewegungen des Magens, der durch seine starken Zusammenziehungen die Nahrungsstoffe zermalmt, oder, wie bei einigen Krusten- und Weichthieren, durch die im Magen selbst vorhandenen derben Zerkleinerungsorgane unterstützt. Die Nahrungsstoffe werden durch den Verdauungsproceß in eine breiartige Masse, Speisebrei oder Chymus benannt, verwandelt, der je nach der Natur der Nahrungsstoffe verschieden ist. Mit diesem Vorgang, welcher auch die Chymification genannt wird, ist die Verdauung bei vielen niederen Thieren, z. B. bei den Polypen,

Quallen und einigen Würmern und Weichthieren vollendet, und der Speisebrei circulirt durch den Körper. Bei anderen Thieren wird dieser durch eine eigenthümliche, der eines kriechenden Wurm ähnliche, sog. wurmförmige oder peristaltische Bewegung in die kleinen Eingeweide oder Dünndärme übergeführt. Diese bilden eine enge Röhre mit dünnen Wänden, welche bei den Wirbelthieren in verschiedenen Richtungen zusammengefaltet, bei den wirbellosen Thieren und insbesondere bei den Kerbthieren einfacher ist; die Länge der Dünndärme ist nach der Natur der Nahrungsstoffe veränderlich und bei den Pflanzenfressern bedeutender als bei den Fleischfressern. In den Dünndärmen wird durch den Einfluß gewisser Drüsen, wie der Leber, welche die Galle absondert, und der Bauchspeichel- oder pancreatischen Drüse, welche den Bauchspeichel abscheidet und dem Speisebrei beigemischt werden, die Verarbeitung desselben vollendet und die vollständige Abscheidung der wirklichen Nahrungsstoffe als eine milchige Flüssigkeit, welche Milchsaft oder Chylus, der Vorgang selbst aber Chylification heißt, bewerkstelligt. Bei vielen Thieren wird der Milchsaft, welcher aus kleinen farblosen Kügelchen von etwas abgeplatteter Form zusammengesetzt ist, nicht weiter durch die Athmung verändert, sondern er umläuft als solcher den Körper. Dieses ist jedoch nur bei den Insecten, Krabben, Krebsen, einigen Würmern und der Mehrzahl der Mollusken der Fall; bei den übrigen Thieren wird hingegen der Milchsaft durch sehr kleine Gefäße, welche Milchsaft- oder Lymphatische Gefäße oder Saugadern genannt werden und überall an den Wänden der Gedärme verbreitet sind, mit den Venen in Verbindung stehen und in ihrem Verlauf zu denselben verschiedene Drüsenmassen bilden, aufgesogen und in das Blut übergeführt, wo er bei dessen Verlauf durch den Körper sich diesem assimilirt. Der Theil der Nahrungsstoffe, welcher nicht in der Chylification aufgenommen worden ist, geht in die großen Eingeweide, in den Dickdarm, über und wird von diesen in Form der Excremente ausgeworfen.

§. 48. Die höheren Thiere besitzen noch einige andere Organe, durch welche die Verwandlung der Nahrungsstoffe in Milchsaft unterstützt wird; unter diesen Organen sind fürerst diejenigen zu erörtern, welche dazu dienen, die Nahrungsstoffe, ehe sie verschluckt werden, zu zerquetschen oder in kleine Stücke zu zerschneiden, was das Kauen oder die Mastication genannt wird, und aus harten Theilen von hornartiger oder knöcherner Beschaffenheit bestehen, die gewöhnlich im Munde derjenigen Thiere, welche harte Nahrungsmittel zu sich nehmen, angebracht sind. Bei den Strahlenthieren sind die Kauwerkzeuge Theilnehmer der strahlenförmigen Anordnung dieser Thiere; so findet sich z. B. bei Scutella ein aus fünf dreieckigen Kinnladen zusammengesetztes Fünfeck, dessen einzelne Kinnladen mit ihrem Scheitel gegen eine mittle, dem Mund entsprechende Oeffnung zusammengeneigt und mit einer Leiste oder einem Zahn, welcher am Ende in einen Spalt eingelassen, versehen sind; diese fünf Kinnladen bewegen sich gegen die Mitte und durchbohren oder zerkleinern die zwischen sie gerathenen Gegenstände. Einige Seeigel haben einen aus vielen Stücken zusammengesetzten Kauapparat, jedoch lassen sich darin immer die fünf Haupttheile oder Kinnladen, deren jede an der Spitze einen Zahn trägt, unterscheiden; nur sind diese

Kinnladen nicht in wagerechter Stellung, sondern zu einer Pyramide zusammengeordnet. Einige Weichthiere, wie die Sepien, haben derbe Kinnladen oder Schnäbel, welche sich wie bei den Vögeln auf- und abbewegen; die größere Zahl derselben dagegen zerreibt die Nahrung mittels einer wie eine Uhrfeder gebogenen Zunge, deren Oberfläche mit sehr vielen kleinen, zahnartigen Spitzchen von hornartiger Beschaffenheit bedeckt ist. Eine große Verschiedenheit und mannichfache Zusammensetzung der Organe für die Aufnahme und Zerkleinerung der Nahrungsstoffe findet sich in dem Kreis der Kerbthiere; bei einigen Seewürmern bestehen die Kinnladen aus einem Paar gekrümmter hornartiger Werkzeuge, die in einer Scheide stecken, während sie bei den Spinnen äußerlich und zuweilen auf langen gegliederten Stielen liegen. Die meisten, die Nahrung kauenden Insecten haben wenigstens zwei Paar hornartige Kinnladen und außerdem noch andere Organe zum Ergreifen und Festhalten der Nahrung; diejenigen Insecten aber, welche von Flüssigkeiten leben, haben ihre Kauwerkzeuge in einem zum Aufsaugen geeigneten Rüssel oder feinen Rohr, welches z. B. bei den Schmetterlingen spiralförmig eingerollt oder bei den Wanzen steif und unter die Brust zurückgeschlagen ist und mehrere äußerst zarte, zur Durchbohrung der Haut von Pflanzen oder Thieren geeignete Pfriemen enthält, oder diese Pfriemen sind wie bei den Bienen in der Art verlängert, daß sie die Zunge beschirmen, wenn diese zur Aufsaugung der Nahrungssäfte ausgestreckt wird. Bei den Krabben finden sich die Vorderbeine in eine Art Kinnladen umgewandelt. Auch die mikroskopischen Räderthierchen haben sehr zusammengesetzte Kinnladen. Trotz der großen Verschiedenheit und Mannichfaltigkeit der Kauorgane zeichnen sich doch die der Kerbthiere durch den gemeinsamen Charakter aus, die Kinnladen seitwärts oder wagerecht zu bewegen, während sie bei den Wirbelthieren auf und nieder und bei den Stachelhäutern von allen Seiten gegen einander bewegt werden. Bei den ersteren, bei den Wirbelthieren nemlich bilden die Kinnladen einen Theil des knöchernen Skeletts und zwar ist bei den meisten Thieren dieses Kreises nur die untere Kinnlade beweglich und wird durch zwei sehr starke Muskeln, durch den Schläfenmuskel und durch den Kaumuskel, welche alle zum Ergreifen und Kauen der Nahrung nöthigen Bewegungen bewirken, gegen den oberen Kinnladen hervorgezogen.

§. 49. In den meisten Fällen sind bei den Wirbelthieren die Kinnladen mit harten, schneidenden Werkzeugen, mit den Zähnen, versehen und oft, wie bei den Vögeln und Schildkröten, mit einem hornartigen Ueberzug, mit dem Schnabel, umhüllt. Bei einigen Walen findet sich statt der Zähne eine Reihe langer, biegsamer, hornartiger Platten oder Fächer mit franzenartigem Rande, die sog. Barten, welche weniger zum Kauen, sondern zum Seihen dienen, nemlich um die von den Walen mit dem Meerwasser eingeschluckten Thiere beim Ausstoßen des ersteren zurückzuhalten. Nur wenige Wirbelthiere, wie z. B. der Ameisenfresser haben gar keine Zähne. Aber nicht alle Wirbelthiere und selbst nicht alle diejenigen, welche mit Zähnen versehen sind, kauen ihre Nahrung, sondern sehr viele von ihnen, wie die meisten Vögel, die Schildkröten und die Wale verschlingen dieselbe ganz oder gebrauchen die Zähne nur zur Ergreifung und Sicherstellung ihrer Beute; bei solchen Thieren, wie die Eidechsen, Frösche, Kro-

kodille und die meisten Fische sind, haben die Zähne fast sämmtlich eine gleiche Form und Fügung und nur einige Rochenfische besitzen eine Art eines knöchernen Pflasters aus einer besonderen Art von Zähnen, womit sie die Schalen der zu ihrer Nahrung dienenden Weichthiere zerquetschen. Fast einzig und allein die Säugethiere kauen die Nahrung wirklich und besitzen wohl entwickelte, in Form, Anordnung und Einfügungsweise sehr verschiedene Zähne. In den meisten Fällen sind drei Arten von Zähnen zu unterscheiden, nemlich die Schneidezähne, die Hundszähne und die Backenzähne. Die Schneidezähne nehmen den Vorderrand des Mundes ein, sind gewöhnlich einfach und am wenigsten veränderlich, haben einen schneidigen Oberrand und dienen ausschließlich zur Ergreifung der Nahrung; nur beim Elephanten gehen sie in die langen Stoßzähne über. Die Hundszähne, auch Eckzähne oder Fangzähne benannt, sind kegelförmig über die anderen vorragend, mehr oder weniger gebogen und nur zu eins in jeder Kinnlade enthalten, haben wie die Schneidezähne nur eine einfache Wurzel, sind bei den Raubthieren die Angriffswaffen und fehlen bei den Pflanzenfressern gänzlich oder sind, wie bei dem Wildschwein, zu Werkzeugen der Vertheidigung und des Angriffes vergrößert und umgestaltet, aber zum Kauen unbrauchbar. Die Backenzähne zeigen die größte Mannichfaltigkeit in Form und Gefüge und sind die wichtigsten Zähne, da aus denselben die Lebensweise und der innere Bau der Thiere gefolgert werden kann; sie sind entweder scharf und spitz, wie bei den Katzen oder bilden alle Zwischenstufen bis zu jenen mit breiter und ebener Kaufläche, zeigen jedoch in den Wurzeln einen gemeinschaftlichen Charakter, da diese nie einfach, sondern stets zwei- und dreifach sind, wodurch sie nicht allein besser befestigt sind, sondern auch durch den beim Kauen stattfindenden Druck nicht tiefer in die Kinnlade eingestoßen werden können. Bei den Insectenfressern sind die Backenzähne mit mehreren scharfen kegelförmigen Spitzen versehen, welche so gestellt sind, daß die Erhöhungen des einen Zahnes genau in die Vertiefung des entsprechenden Zahnes in der entgegengesetzten Kinnlade paßt, während bei den eigentlichen Raubthieren die Backenzähne in der Art seitlich zusammengedrückt sind, daß sie einen scharfen schneidigen Rand bekommen und, da die obere und die untere Reihe sich mit ihren Seiten wie die zwei Blätter einer Scheere zusammenlegen, die Nahrung leicht zerschneiden. Die Pflanzenfresser, besonders die Widerkäuer, manche Dickhäuter und einige Nager haben wie Mühlsteine geebnete Backenzahnkronen, zwischen denen das Gras und die Blätter zermalmt werden. Diejenigen Thiere, welche sowohl Fleisch- als auch Pflanzenfresser sind, wie der Mensch, der Affe u. s. w., haben auf der Krone der Backenzähne einige Höcker, die für die Zerkleinerung der gemischten Nahrung geeignet sind. Endlich giebt die Art und Weise, wie die Backenzähne mit den Schneide- und Hundszähnen verbunden sind, ausgezeichnete Charakterisirungen für Familien und Sippen und selbst die feinere innere Structur des Zahnes ist in jeder Thiergruppe so eigenthümlich und so unveränderlichen Regeln unterworfen, daß man aus der Beschauung des Bruchstückes eines Zahnes unter dem Mikroskop mit Bestimmtheit den Bau des Thieres, von dem er stammt, angeben kann.

§. 50. Alle Thiere, welche ihre Nahrung wirklich kauen, besitzen in

der Nähe des Mundes besondere Drüsen, welche eine Flüssigkeit, den Speichel, absondern; dieser wird beim Kauen unter die Nahrung vermengt und erleichtert das Verschlucken derselben. Die Speicheldrüsen finden sich bei keinem der Thiere, welche ihre Nahrung ungekaut verschlingen. Nachdem die Nahrung gekaut und mit Speichel vermischt worden ist, was die Einspeichelung oder Insalivation heißt, wird jene mittels der Zunge rückwärts geschoben und geht nun durch die Speiseröhre nach dem Magen, was das Schlucken oder die Deglutination genannt wird; hier im Magen geht nun der §. 47 beschriebene Proceß der Verdauung vor sich.

§. 51. Die Mittel, welche jedem Thier zugewiesen sind, um sein Fortbestehen zu sichern, also Nahrung zu erreichen, sind ebenfalls sehr mannichfaltig. Die Thiere, welche des Ortswechsels nicht fähig und in Beziehung auf die Nahrung abhängig von Demjenigen sind, was zu ihnen heranschwimmt oder fließt, wie z. B. die Austern, schließen ihre Muschel und sichern sich so ihre Beute; die Polypen haben einer großen Ausdehnung fähige Arme, mit welchen sie kleine, mit diesen in Berührung kommende Thiere umfassen; die Sepie hat ähnliche, auch noch mit Saugwarzen versehene Arme um den Mund herum. Einige Thiere, welche ihre Nahrung aus ihnen unzugänglichen Stellen beziehen, haben besondere Werkzeuge zur Durchbohrung; so durchbohren einige Weichthiere mit ihrer feilenartigen Zunge die Schale anderer Thiere, erreichen dieselben und saugen sie aus; Insecten haben für diesen Zweck verschiedene Bohrwerkzeuge, Saugrüssel oder ausstreckbare Zungen; manche Ringelwürmer, wie die Blutegel, haben ein Saugwerkzeug das nicht allein einen luftleeren Raum, sondern auch eine Verwundung der Haut bewirkt, in Folge deren sie das Blut anderer Thiere aufsaugen; verschiedene mikroskopische Thiere sind um den Mund mit Haaren oder Wimpern versehen, die durch ihre unausgesetzten Schwingungen Ströme erzeugen, durch welche noch kleinere Thiere oder Nahrungstheile zugeführt werden. Die Pflanzenfresser bedienen sich der Lippen oder der Zunge oder beider zugleich, um Gras und Blätter zu ergreifen; die Raubthiere gebrauchen zur Erreichung der Nahrung die Kinnladen, die Zähne und hauptsächlich die für diesen Zweck ganz besonders eingerichteten langen, scharfen und beweglichen Krallen; die Spechte suchen mit ihren langen knöchernen und am Ende pinselförmigen Zungen die Insecten aus tiefen Spalten und Löchern heraus, so wie auch einige Reptilien sich der Zunge zur Erreichung der Nahrung bedienen, wie z. B. das Chamäleon, welches mit seiner, an dem verdickten Ende mit einer klebrigen Substanz überzogenen Zunge durch Ausschnellung auf 2 bis 3 Zoll Entfernung Fliegen erhascht. Der wegen der Stoßzähne und des kurzen Halses für das Ergreifen der Nahrung vom Boden ungeeignete Elephant bedient sich hierzu seiner in einen Rüssel verlängerten Nase, mit welcher er sehr geschickt Speise und Trank zum Mund führt. Der Mensch und der Affe sind die einzigen Geschöpfe des Thierreiches, welche sich naturgemäß der Arme zur Ergreifung der Nahrung bedienen.

§. 52. Wohl die größere Zahl, wenn nicht alle Thiere bedürfen zu ihrem Bestehen des Wassers, des vermittelnden Mediums zur Erzeugung der Lebenssäfte, und sie genießen dieses theils mit und in der Nahrung,

theils aber als solches selbst, wobei sie jedoch auch auf verschiedene Weise verfahren; so trinken einige saugend wie der Ochse, andere leckend wie der Hund; die Vögel füllen den Schnabel mit Wasser, recken dann den Kopf in die Höhe und lassen nun das Wasser aus dem Schnabel in den Kropf hinablaufen. Viele der niedrigsten Thiere füllen den ganzen Körper durch den Mund, durch Fühlfäden und an den Seiten gelegenen Poren und entleeren dieses von Zeit zu Zeit durch die wirklichen Wege; die Wassermollusken nehmen durch verschiedene Oeffnungen das Wasser in besondere Höhlen oder in das Zellgewebe auf, während andere Thiere, wie die meisten Fische, dasselbe durch an der Oberfläche befindliche Poren nach den Blutgefäßen einlassen. Es läßt sich zwar nicht mit Bestimmtheit sagen, ob die Wasserthiere wirklich Wasser zu ihrer Nahrung bedürfen, aber das ist gewiß, daß sie bei der Verschlingung der Nahrung stets etwas Wasser mit einnehmen.

B. Die Circulation.

§. 53. Die durch die Chymification und Chylification (vergl. §. 47) zubereitete Nahrung ergießt sich in die allgemeine Säftemasse, die jeden Theil des Körpers durchströmt und woraus jedes Gewebe gebildet worden ist und fortwährend erneuert wird. Diese Säftemasse heißt **Blut** im weiteren Sinn, ist jedoch nach seiner chemischen Beschaffenheit bei den verschiedenen Gruppen des Thierreiches sehr verschieden; so findet sich in den Polypen und Medusen nur **Chymus**, in den meisten Weich- und Gliederthieren schon **Chylus** und in den Wirbelthieren in einer höheren Organisation das eigentliche **Blut**. Dieses stellt sich unter dem Mikroskop als eine durchscheinende Flüssigkeit aus Wasser, Eiweiß und Faserstoff, als **Serum** dar, worin viele rundliche und etwas zusammengedrückte Körperchen, die **Blutkügelchen**, herumschwimmen; die Zahl der letzteren wird um so größer, je höher die natürliche Wärme des Thieres ist und sie sind daher zahlreicher in dem Blut der Vögel, als in dem der Säugethiere und in dem Blut dieser zahlreicher als in dem der Fische; der Größe nach steigen sie von den Menschen und anderen Säugethieren an, wo sie fast kreisrund sind, zu den mehr ovalen der Vögel und Fische bis zu den sehr großen der Reptilien. In Bezug auf Farbe zeigt das Blut eine große Verschiedenheit, da es bei den Wirbelthieren lebhaft roth, bei manchen Wirbellosen, wie bei den Krabben und Weichthieren fast oder gänzlich farblos, bei den Würmern und Stachelthieren gelb, orange, roth, violett, lila oder selbst grün ist.

§. 54. Die Anwesenheit des Blutes in jedem Theil des Körpers ist eine der wesentlichen Bedingungen des thierischen Lebens; ein ununterbrochener Strom fließt von den Verdauungsorganen aus nach den entferntesten Theilen der Oberfläche und diejenigen Bestandtheile, welche nicht zur Ernährung verwendet werden, kehren mit den nutzlos gewordenen und der Erneuerung bedürftigen gemengt wieder von dort zurück, um nach Beseitigung des Unbrauchbaren mit neuem Nahrungssaft vermischt von Neuem diesen Lauf zu machen, was der **Kreislauf** oder die **Circulation** des Blutes genannt wird.

§. 55. Es ist bereits in §. 47 angeführt, daß bei den niederen

Thieren der Chymus oder, bei einigen höheren, der Chylus die Function des Nahrungssaftes hat, und daß erst bei den Thieren von noch höherer Entwicklung der Chylus in das Blut übergeführt wird. Da, wo der Chymus den Nahrungssaft vertritt, wie bei den Polypen, ist er in der gemeinsamen Höhle der Eingeweide mit Wasser gemengt, mit welchem er ebensowohl wie mit dem ganzen Inneren des Körpers in Berührung kommt; bei den etwas höher stehenden Medusen wird eine ähnliche Flüssigkeit von der Haupthöhle aus durch Verlängerungen derselben in die verschiedenen Theile des Körpers vertheilt, indem theils durch die allgemeine Bewegung des Körpers, theils durch die ununterbrochenen Schwingungen der das Innere dieser Thiere bedeckenden mikroskopischen Flimmerhaare Ströme erzeugt werden. Da, wo der Chylus den Nahrungssaft vertritt, wie bei den meisten Weich- und Kerbthieren, ist dieser entweder unmittelbar mit den Eingeweiden in Berührung, oder es ist ihm wie bei den Mollusken Wasser beigemengt; sind Gefäße vorhanden, so sind diese nicht zusammenhängend, sondern laufen in verschiedene Höhlen aus. Bei den übrigen höheren Thieren endlich ist der Nahrungssaft in einer angemessenen Reihe von Gefäßen eingeschlossen, in welchen er, um Nahrung und Secretion zu geben, allmählig durch das ganze System und hierauf in die Athmungsorgane geführt wird, um hier durch den Sauerstoff der eingeathmeten Luft eines Theiles seines Kohlenstoffgehaltes beraubt zu werden.

§. 56. Die zum Umlauf des Blutes dienenden Gefäße sind zweierlei Art, nemlich Pulsadern und Blutadern. Die **Pulsadern** oder **Arterien** sind von fester elastischer Beschaffenheit, dehnen sich aus oder ziehen sich zusammen je nach der Menge des in ihnen enthaltenen Blutes, führen dasselbe von dem Mittelpunkt nach dem Umfang und vertheilen es in jeden Punkt des Körpers, indem sie sich in immer kleinere und feinere Aeste zerspalten. Die **Blutadern** oder **Venen** sind von dünner häutiger Beschaffenheit und innen mit Klappen versehen, welche die Blutsäule halten, indem sie derselben nur vom Umfang nach dem Mittelpunkt hin zu fließen gestatten, treten wieder durch die Vereinigung zu sehr kleinen Zweigen, Aesten und Stämmen zusammen, welche sich endlich in einen oder wenige Hauptstämme nächst dem Mittelpunkt des Blutkreislaufes vereinigen. Die feinen Enden der Arterien und Venen sind durch ein Netzwerk von sehr feinen und zarten Gefäßen, den sog. **Haar-** oder **Capillargefäßen**, mit einander verbunden; sie durchdringen jeden Theil des Körpers so, daß man fast in keinen Punkt desselben stechen kann, ohne daß Blut hervorfließe, und ihre Aufgabe ist, den Nahrungssaft in die organischen Zellen zu vertheilen, wo alle wichtigen Ernährungsvorgänge, wie die Speisung und das Wachsthum aller Organe und Gewebe, die Ausarbeitung der Galle, der Milch, des Speichels u. s. w., die Entfernung der abgenutzten Theile und Ersetzung derselben durch neue, überhaupt alle diejenigen Veränderungen vor sich gehen, wodurch das arterielle Blut in schwarzes venöses Blut übergeht, wogegen in den Capillargefäßen der Athmungsorgane das venöse Blut durch Entziehung von Kohlenstoff wieder in lebhaft scharlachrothes arterielles Blut verwandelt wird.

§. 57. Bei den niederen Thieren, welche Blutgefäße enthalten, wird der Blutlauf durch gelegentliche Zusammenziehungen einiger Hauptgefäße

bewirkt, wie es bei den Ringelwürmern der Fall ist; bei Insecten findet sich längs des Rückens ein großes Gefäß mit innerhalb befindlichen Klappen von solcher Einrichtung, daß beim Zusammenziehen des Gefäßes das Blut nur nach dem Kopf hinströmen kann, von wo aus es sich durch den Körper vertheilt und durch die an den Seiten des Rückengefäßes befindlichen Spalten zu diesem zurückkehrt. Bei allen höheren Thieren ist das Herz das Centralorgan, welches das Blut durch die Arterien nach dem Umfang treibt und es bei seiner Rückkehr durch die Venen wieder aufnimmt. Es ist ein hohles musculöses Organ von kugelförmiger Gestalt, dehnt sich aus und zieht sich wieder zusammen in regelmäßigen, von dem Willen ganz unabhängigen Zwischenräumen und besteht entweder aus einer einfachen Höhle oder ist durch Scheidewände in zwei, drei oder vier Fächer getheilt, welche von großer Bedeutung in ihrer Verbindung mit den Athmungsorganen sind und in Bezug auf die Beschaffenheit des in diesen Organen enthaltenen Blutes der höheren oder tieferen Stellung eines Thieres entsprechen. Das Herz der Vögel und Säugethiere ist durch eine senkrechte Scheidewand in zwei Höhlen getrennt und jede dieser wieder in zwei übereinander liegende Fächer getheilt, so daß vier Fächer vorhanden sind, von denen die beiden oberen die Herzohren oder Vorkammern, die beiden unteren die Herzkammern oder Ventrikeln genannt werden; bei den Reptilien finden sich zwei Herzohren und eine Kammer, bei den Fischen nur ein Ohr und eine Kammer. Die Ohren haben unter sich keine Verbindung', was auch bei den Kammern der Fall ist, empfangen das Blut aus dem Körper und den Athmungsorganen und entlassen es durch eine zur Verhinderung des Rückflusses mit einer Klappe versehenen Oeffnung nach der darunter liegenden Herzkammer, worauf diese durch Zusammenziehung das eingetretene Blut nach den Lungen und in den ganzen Körper treiben. Die zwei Vor- und die beiden Herzkammern besitzen eine gleichzeitige Ausdehnung, Diastole, und Zusammenziehung, Systole, welche beim Aufeinanderfolgen den Puls des Herzens bilden. Jede Pulsation besteht aus zwei Bewegungen, nemlich aus der Diastole der Herzkammern mit Zusammenziehung der Vorkammern und aus der Systole der Herzkammern mit Ausdehnung der Vorkammern; sie findet bei den verschiedenen Thiergruppen und selbst bei einzelnen Individuen derselben Art je nach dem Alter, dem Geschlecht und der Gesundheit in verschiedenen Zwischenräumen statt (ausgewachsene gesunde Menschen haben gewöhnlich in der Minute 70 Pulsschläge).

§. 58. In den mit vierfächerigem Herzen versehenen Thieren ist der Blutlauf folgender: er beginnt aus der linken Herzkammer in Folge deren Zusammenziehung; das Blut wird daraus nach dem Hauptarterienstamm, der Aorta, getrieben und durch deren Verästelung und Verzweigung nach dem ganzen Körper vertheilt, sammelt sich dann mittels der Capillargefäße in den Venen, wird von diesen zum Herzen zurückgeführt und in das rechte Ohr ergossen, welches das Blut in die rechte Herzkammer entläßt; von hier aus wird es durch eine andere Reihe von Arterien, durch die Lungenarterien nach den Lungen getrieben, sammelt sich von da in den Lungenvenen und geht von diesen in das linke Herzohr, aus welchem es in die linke Herzkammer, also an den Ausgangspunkt wieder gelangt. Das Blut

geht demnach zweimal durch das Herz; der erste Verlauf durch den ganzen Körper heißt der große Kreislauf, der zweite durch die Lungen der kleine Kreislauf; beide zusammen bilden den ganzen Kreislauf. Man kann das Herz ansehen als ein aus zwei Herzen zusammengewachsenes, da wirklich der kleine Kreislauf zwischen dem Uebergang des Blutes aus der einen Seite des Herzens nach der anderen liegt; nur während der Embryoperiode ist eine Oeffnung zwischen den beiden Ohren vorhanden, die sich beim Beginn der Athmung schließt. Bei den Reptilien, deren Herz zwei Ohren und eine Ventrikel hat, wird das venöse Blut aus dem Körper in dem einen und das aus den Lungen kommende Blut in dem anderen Ohr aufgenommen und von beiden in den Ventrikel getrieben, von wo aus das Gemische sowohl in den Körper als in die Lungen gelangt; da hierbei nur ein kleinerer Theil der ganzen Blutmasse in einem Umlauf zu den Lungen kommt, so wird dieser Verlauf der unvollständige Kreislauf genannt. Bei den Krokodillen ist zwar die Herzkammer auch geschieden und das aus den beiden Ohren kommende Blut wird geschieden erhalten, jedoch findet bald nachher durch Vermittlung einer besonderen Arterie, welche aus der Lungenarterie zur Aorta gelangt, eine Vermischung statt. Das Blut der Fische, deren Herz nur aus einem Ohr und einem Ventrikel besteht, wird sogleich zu dem Kiemen, dem hauptsächlichsten Respirationsorgan, getrieben, gelangt von da zur Vertheilung im ganzen Systeme in die Arterien und kehrt zuletzt aus den Venen in das Ohr zurück, geht also in seinem Kreislauf nur einmal durch das Herz.

§. 59. Krabben und andere Kruster, sowie auch viele Weichthiere haben ein Herz mit einer Kammer ohne Ohren, während jedoch einige der letzteren ein oder zwei Ohren haben, die zuweilen so von einander getrennt sind, daß sie eben so viele besondere Herzen besitzen, wie dieses bei den Sepien der Fall ist. Die den Strahlthieren zugehörenden Seeigel sind mit einem röhrenförmigen Herz versehen.

C. Die Athmung.

§. 60. Das Blut muß zur Unterhaltung seiner Lebenskräftigkeit dem Einfluß der atmosphärischen Luft oder vielmehr deren Sauerstoff unterworfen werden, um ihm gewisse Stoffe, welche es bei seinem Kreislauf aufgenommen hat, zu entziehen oder, mit anderen Worten, um das schwarze venöse Blut in scharlachrothes arterielles Blut zu verwandeln, was durch Entziehung des überschüssigen Kohlenstoffes geschieht. Dieses auszuführen ist die Aufgabe der Athmung oder Respiration und deren Organe. Diejenigen Thiere, welche in der freien Luft leben und schaffen, besitzen entweder, wie die Insecten und einige Spinnen, eine Reihe von Röhren, sog. Luftröhren, Tracheae, die sich im Inneren des Körpers verzweigen und sich außen an den Seiten des Körpers durch kleine Mündungen, Stigmata, öffnen, oder die Respiration findet und zwar am gewöhnlichsten, durch ein besonderes Organ, durch die Lunge statt.

§. 61. Die Lunge besteht aus einem Paar eigenthümlicher, schwammiger oder zelliger Organe in Form eines großen Beutels; diese Organe sind um so zusammengesetzter, je größer die Luftmenge ist, die sie aufnehmen sollen. Bei den tieferen Wirbelthieren besteht jedoch die Lunge

nur aus einem Organ, aber bei den höheren Klassen findet sich stets ein Paar. Die Lunge liegt in der von den Rippen umgebenen Höhle, je ein Organ an der Wirbelsäule, und das Herz zwischen den beiden Organen. Sie steht mit der atmosphärischen Luft durch die Luftröhre, Trachea, in Verbindung; diese ist eine aus knorpeligen Ringen zusammengesetzte Röhre, welche im Hintergrund der Mundhöhle ihren Anfang nimmt und sich weiter unten in zwei Aeste, Luftröhrenäste, Bronchi, wovon jeder mit einer Lunge in Verbindung steht, theilt, später aber in zahllose Zweige auflöst, die die ganze Lungenmasse durchdringen. Bei den höheren Thieren nehmen die Lungen und das Herz den Brustkasten ein, der von der übrigen durch den unteren Bogen der Wirbelsäule umschlossenen Höhle durch eine fleischige Scheidewand, das Zwerchfell, Diaphragma, das quer durch den Rumpf geht und sich in den Brustkasten, dessen einziger Zugang von dem Kehlkopf durch die Luftröhre ist, hineinwölbt, getrennt wird. Der Mechanismus des Athmens besteht in folgendem; die Brusthöhle erweitert sich zuerst durch Hebung der Rippen, deren Bögen sich in natürlicher Lage etwas, noch mehr aber bei der Zusammenziehung des Zwerchfelles abwärts neigen, letzteres aber dabei seine Wölbung einwärts in die Brust vermindert; durch jene Erweiterung wird die Einströmung der atmosphärischen Luft durch die Luftröhre bedingt und die Lungen dehnen sich nun in Folge der eingetretenen Luft so aus, daß sie den ganzen erweiterten Raum ausfüllen; nach der wieder stattfindenden Erschlaffung des Zwerchfelles und Senkung der Rippen zieht sich die Brusthöhle zusammen und die Luft wird aus den Lungen getrieben, welcher letzterer Act die Ausathmung oder Exspiration, dagegen der erstere die Einathmung oder Inspiration heißt. So wie nun die schwammige Lungensubstanz durch die Luft ausgedehnt wird, kommt das aus dem Herz in dieselbe getriebene Blut in solche Berührung mit dem atmosphärischen Sauerstoff, daß die erforderliche Einwirkung desselben stattfinden kann (vergl. §. 63).

§. 62. Die Respirationswerkzeuge der Wasserthiere haben eine andere Einrichtung, da es ihre Aufgabe ist, die von dem Wasser mechanisch absorbirte atmosphärische Luft*) diesem zu entziehen; die hierzu dienenden Organe heißen Kiemen oder Branchien, bestehen theils, wie bei einigen Seewürmern und vielen Weichthieren aus feinen Quästchen und Federn, welche außerhalb des Körpers im Wasser schweben, theils, wie bei den Fischen, Krabben und den meisten Weichthieren aus zarten Falten und Blättern, und sind immer so gelegen, daß das Wasser frei zu ihnen gelangen kann. Bei den tieferen Wasserthieren, wie bei den Polypen, Medusen und einigen Weichthieren, wird die Athmung durch die ununterbrochene Bewegung der schon oft erwähnten Flimmerhaare, welche sowohl das Athmungsorgan, als auch andere Körpertheile überziehen und durch die von ihnen

*) So wenig die atmosphärische Luft vom Wasser aufgesaugt wird (nur ohngefähr 3 Volumenprocente), so ist der freie Sauerstoffgehalt in dem fließenden Wasser nicht unbedeutend, da dieses die Eigenschaft besitzt, die Verhältnisse des Sauerstoffgases zum Stickstoffgas in der atmosphärischen Luft zum Vortheil des ersteren (auf 1 Raumtheil desselben finden sich in der athmosphärischen Luft des Wassers nur 2 Raumtheile Stickstoffgas) zu ändern, worüber auch Bd. 3, S. 107 zu vergleichen ist.

erzeugten Strömungen außer den Nahrungsmitteln auch immerwährend neues lufthaltiges Wasser dem Thiere zuführen, befördert. Es giebt auch viele im Wasser lebende Thiere, wie die Wale, viele Insecten und Weichthiere, welche nicht von der Luft des Wassers, sondern von der freien atmosphärischen Luft zehren; sie kommen von Zeit zu Zeit über die Oberfläche, um hier zu athmen oder sind mit besonderen Vorrichtungen versehen, mittels deren sie einen Vorrath von Luft mit in die Tiefe des Wassers hinabnehmen.

§. 63. Der belebende Einfluß der Luft auf das Blut liegt in deren Sauerstoff, welcher nach dem Einathmen auf den Kohlenstoff gewisser Blutbestandtheile oxydirend wirkt d. h. denselben in Kohlensäure verwandelt, welche bei dem Einathmen mit dem unverbrauchten Stickstoffgas *) und einer geringen Menge von unverbrauchtem Sauerstoffgas nebst Wasserdämpfen ausgeathmet wird. Es ist deßhalb für das Athmen der Thiere in eingeschlossenen Räumen eine Lufterneuerung von Zeit zu Zeit nothwendig, um stets die der Lebensthätigkeit entsprechende Menge von Sauerstoffgas zu erhalten und die Anhäufung des das Leben gefährdenden Kohlensäuregases zu verhindern. Eine unmittelbar in die Augen springende Wirkung der Einathmung des Sauerstoffgases ist der Farbenwechsel des Blutes in den rothblütigen Thieren, indem die Farbe desselben beim Durchgang durch die Athmungswerkzeuge aus dem sehr dunkeln Purpurroth in das helle Scharlachroth übergeht; beim großen Kreislauf nimmt nemlich das helle Blut die Arterien, das dunkle aber die Venen ein, im kleinen Kreislauf hingegen findet das umgekehrte Verhältniß statt (vergl. §. 58).

§. 64. Die Menge der atmosphärischen Luft, welche von den verschiedenen Thierarten eingeathmet wird, ist verschieden und abhängig von dem Gang der Respiration; diese selbst ist bei den Vögeln viel lebhafter als bei den Säugethieren und bei den Reptilien und Fischen träger als bei diesen. Von der verschiedenen Lebhaftigkeit der Respiration ist daher in etwas die Kraft und die Thätigkeit des Thieres abhängig. Ueberhaupt haben die Athmung und der Kreislauf einen wechselseitigen Einfluß auf einander. Ist das Herz kräftig oder erheischt eine starke Bewegung einen rascheren Zufluß des Blutes, um dessen stärkeren Verbrauch zu ersetzen, so muß verhältnißmäßig die Respiration beschleunigt werden, um die nothwendige Menge Luft für die zu den Lungen gelangende Blutmasse zu bewirken; daher das Herzklopfen nach ungewöhnlichen Anstrengungen der Muskeln eintritt. Wird dagegen die Athmung beschleunigt, so wird das Blut durch die stärkere Einwirkung des Sauerstoffgases erregender und verursacht eine Beschleunigung der Circulation und verlangt deßhalb eine größere Menge Sauerstoff für das in die Lungen gelangende Blut. Von der vereinigten Thätigkeit des Athmungs- und Kreislaufsystems ist die besondere Temperatur eines Thieres, d. h. die sog. thierische Wärme abhängig und diese steht mit jenen Thätigkeiten im geraden Verhältniß.

---

*) Das Stickstoffgas wird bei dem Athmungsproceß in keiner Weise gebunden; es vermindert nur durch seine Gegenwart die Einwirkung des Sauerstoffgases, welches im reinen Zustand und fortwährend eingeathmet den thierischen Organismus nach seiner derzeitigen Einrichtung überreizen würde.

Bei vielen Thieren, z. B. bei den Vögeln und bei den meisten Säugethieren, ist diese Wärme von der äußeren Temperatur ganz unabhängig und sie beträgt bei ersteren + 41,5°, bei den letzteren + 35 bis 40° C. selbst in den kältesten Zonen; derartige Thiere werden **warmblütige Thiere** genannt. Hingegen haben die Reptilien, die Fische und die meisten niedrigeren Thiere nicht das Vermögen, eine gleichmäßige Temperatur zu behaupten und liegt auch ihre eigenthümliche Wärme stets zwischen + 1 und 10° C., so ändert sich dieselbe doch durch die Temperatur der Umgebung und manche können sogar gefrieren, ohne zu sterben; derartige Thiere werden **kaltblütige Thiere** genannt und sie besitzen sämmtlich einen solchen Bau des Herzens, daß nur ein Theil des in dasselbe eintretenden Blutes zu den Athmungsorganen entlassen wird. Da nun die bei der Respiration stattfindende Oxydation des Kohlenstoffes zu Kohlensäure derselbe Proceß, wie der der Verbrennung, also mit Wärmeentbindung verbunden ist, so kann man das Maß der thierischen Wärme füglich von der Lebhaftigkeit der Respiration ableiten. Ob aber die Ernährung im Allgemeinen und die Assimilation, wodurch die flüssigen Stoffe in feste übergehen, im Besonderen auf die Erhaltung der thierischen Wärme und auf deren gleichmäßigen Verbreitung durch den ganzen Körper einen Einfluß ausüben, darüber fehlen bis jetzt noch die festen Anhaltspunkte. Der **Winterschlaf** einiger höheren warmblütigen Thiere, wie des Murmelthieres, des Bären, der Fledermaus u. s. w. ist zwar nach seiner organischen Ursache noch nicht nachgewiesen, aber die ihn begleitenden Erscheinungen, das Enthalten von Nahrung, das Athmen in nur sehr langen Zwischenräumen, die Verminderung der thierischen Wärme und das fast gänzliche Zurücktreten der Lebensverrichtungen geben sehr sprechende Beweise für die Richtigkeit der oben angeführten Gesetze.

§. 65. Die Athmung der Thiere übt auch einen wesentlichen Einfluß auf deren specifisches Gewicht aus, und dadurch auf die Fähigkeit, nach Belieben in die Höhe der Luft oder auf den Grund der Gewässer, aus der Tiefe der Gewässer in die Höhe oder aus den oberen Luftregionen nach unten sich begeben zu können. Die Respirationswerkzeuge der Vögel und Insekten sind in dieser Beziehung ganz ausgezeichnet, eine größere Menge Luft willkürlich in den Körper einzulassen; die Vögel sind mit großen, in die Unterleibshöhle und in die Flügelknochen sich erstreckenden Beuteln oder sog. **Luftsäcken** versehen und die Insecten durch den ganzen Körper hindurch mit Luftröhren, den Verzweigungen ihrer Tracheen, welche sich von Strecke zu Strecke zu Zellen erweitern, durchzogen. Bei den sämmtlichen Wasserthieren hingegen finden sich kleine und meist mikroskopische **Wasserröhren**, welche von der Oberfläche aus in die Substanz dringen und bis zu der Körperhöhle gelangen; bei den Fischen gehen diese Wasserröhren durch Haut, Schuppen, Schulter- und Schädelknochen, um sich mit den Blutgefäßen und dem Herz zu verbinden und diese mit Wasser zu versehen; bei den Weichthieren finden sie sich in den fleischigen Theilen und namentlich in den Füßen, deren Ausreckung sie bewirken helfen, und sie vereinigen sich mit der Haupthöhle des Körpers, die sie ebenfalls mit Flüssigkeit versorgen; bei den Stachelhäutern gehen sie durch die Haut und durch die harte Schale, und bei den Polypen finden sie sich als Durch-

bohrungen der allgemeinen Körperhöhle, um diese mit Wasser zu versorgen. Durch die Gegenwart dieser Wasserröhren wird das ganze System befähigt, einem Druck zu widerstehen, welcher außerdem dasselbe zerquetschen müßte.

§. 66. Bei der Beurtheilung der Homologien zwischen den verschiedenen Respirationsorganen verschiedener Thiere darf man weniger die besondere Anpassung derselben an die Elemente, in welchem die Thiere leben, in Betracht ziehen, sondern man muß vielmehr die Grundverbindungen dieser Organe mit dem ganzen organischen System vergleichen. So giebt es z. B. bei den Wirbelthieren zweierlei Respirationsorgane, die in verschiedenen Lebensperioden oder bei verschiedenen Thiergruppen mehr oder weniger entwickelt erscheinen; alle Wirbelthiere haben anfangs Kiemen, welche aus den Seiten des Kopfes hervortreten und vom Herzen aus unmittelbar mit Blut versehen werden, aber nur bei den Fischen und einigen Reptilien bleibende Organe sind, während sie stufenweise immer mehr bei den höheren Reptilien, den Vögeln und Säugethieren schon gegen das Ende des Embryolebens verschwinden; fernerhin haben alle Wirbelthiere Lungen, welche am Kopf ausmünden, aber sie sind nur bei den Säugethieren, Vögeln und höheren Reptilien vollständig entwickelt, während sie sich bei den Fischen nur als sog. Schwimmblasen finden. Die Kerbthiere haben ebenfalls zweierlei Arten von Respirationsorganen, nemlich Luftorgane, die bei den Sechsfüßern Tracheen, bei den Spinnen aber Lungensäcke genannt werden, und Wasserorgane, die Kiemen der Kruster und Würmer; diese Tracheen und Lungensäcke öffnen sich jedoch zu beiden Seiten des Körpers und nie findet bei den Kerbthieren ein Eintritt der Luft durch die Nasenlöcher oder durch den Mund statt; die Kiemen stehen paarweise und einige, welche den Tracheen ähnlich sind, haben auch eine ähnliche Stellung, so daß es fast eben so viele Paare von Luftröhren und Kiemen giebt, als Ringel am Körper befindlich sind. In der That sind die verschiedenen Respirationsorgane der Kerbthiere bloß Abänderungen eines und desselben Werkzeuges, wie ihre Bildungsweise und allmählige Metamorphose zeigt, und können nicht mit den Lungen und Kiemen der Wirbelthiere verglichen, sondern müssen als besondere, von denen anderer Thiergruppen verschiedene, aber für dieselben Verrichtungen bestimmte Organe betrachtet werden. Von den Lungen und Kiemen der Weichthiere gilt dasselbe, aber die Organe dieser Thiere sind in Structur und Zusammenhang sowohl von den Luftröhren und Kiemen der Kerbthiere, als auch von den Lungen und Kiemen der Wirbelthiere verschieden. Bei denjenigen Strahlthieren endlich, welche wie die Stachelhäuter besondere Respirationsorgane besitzen, ist die Grundbildung derselben ebenfalls eine verschiedene, indem ihre Kiemen aus Trauben und Frangen um den Mund oder aus Reihen kleiner Bläschen längs den Strahlen des Körpers bestehen.

D. Die Absonderungen.

§. 67. Gleichzeitig mit der Bildung des Nahrungssaftes und der Blutmasse findet im thierischen Körper ein anderer Vorgang statt, eine Zerlegung des Blutes in seine Bestandtheile, von denen sofort einige zu neuen Verbindungen mit anderen vereinigt, andere hingegen, welche nutzlos sind oder dem System nachtheilig sein würden, von verschiedenen Organen

aufgenommen und in verschiedenen Formen aus denselben abgeschieden werden. Dieser Vorgang heißt die Absonderung oder Secretion und findet in sehr mannichfaltigen Organen statt, welche entweder aus flachen Oberflächen oder Membranen, oder aus einfachen kleinen Säckchen, oder aus zarten verlängerten Röhrchen, welche Theile sämmtlich von kleinen, die Hauptthätigkeit ausübenden Zellen, den sogenannten Epitheliumzellen, begrenzt sind, bestehen, die ganze Oberfläche des Körpers bedecken und ihre Producte entweder unmittelbar auf der Oberfläche, wie bei der Schleimhaut, entleeren oder die traubenförmig vereinigten führen sie mittels eines gemeinschaftlichen Ganges durch eine einfache Oeffnung aus, wie dieses bei einigen Eingeweidedrüsen und bei einem Theil der Schweißdrüsen der Fall ist.

§. 68. Bei den höheren Thieren, wo sich getrennte Organe für die verschiedenen Zwecke finden, sind viele der im vorigen § angeführten Säckchen und Röhrchen zu compacten Massen, zu sog. Drüsen, vereinigt, von denen einzelne, wie die Speicheldrüsen, die Nieren und die Leber, eine bedeutende Größe haben. In diesen öffnen sich Bündel kleiner Säckchen in ein gemeinsames Röhrchen, welches sich wiederum mit anderen zu größeren Stämmen vereinigt; zuletzt entleeren sich alle in einem gemeinsamen Ausführungsgang. Diese Organe dienen für zwei etwas ungleiche Zwecke, nemlich einmal aus dem Blute Flüssigkeiten von besonderer Beschaffenheit und für wichtige Bestimmungen abzuscheiden, wie z. B. die Milch, den Speichel, die Thränen u. s. w., die zum Theil in ihrer Mischung nur wenig vom Blute verschieden sind und die eigentlichen Absonderungen oder Secretionen bilden, zum anderen aber andere Flüssigkeiten abzusondern, welche beim Zurückbleiben im Blut schädlich sein und das Leben gefährden würden und Aussonderungen oder Excretionen genannt werden. Da bei dem ausgewachsenen thierischen Körper längere oder kürzere Zeit hindurch in dessen Gewicht keine auffallenden Gewichtsveränderungen statt finden, so muß er durchgehends täglich so viel an Secretionen und Excretionen einschließlich der Excremente, d. h. desjenigen Antheils, welcher durch den Nahrungskanal unmittelbar nach Außen geführt wird, verlieren, als er den Tag lang an fester und flüssiger Nahrung zu sich nimmt.

§. 69. Eine der wichtigsten Absonderungen für den thierischen Körper ist die Ausdünstung oder Exhalation, welche in Folge der in der dritten Abtheilung dieses Bandes §. 119 erörterten Endosmose oder Exosmose d. h. in Folge der Eigenschaft feuchter thierischer Häute, für Flüssigkeiten durchgänglich zu sein, statt findet. Die Blut- und Capillargefäße haben dieselbe Eigenschaft, so daß Theile der in ihnen umlaufenden Flüssigkeiten durch die Gefäßwandungen austreten und an die Oberfläche des Körpers gelangen können. Diese Ausscheidung erfolgt nun am häufigsten da, wo die Blutgefäße am zahlreichsten sind, also am reichlichsten aus den Luftröhren von den Lungen und aus der äußeren Haut. Die letztere wird in ihren äußeren Schichten fortwährend todt abgestoßen und von Innen aus tiefer liegenden Gefäßen beständig ersetzt, was zuweilen, wie bei dem Menschen, fortwährend, aber allmählig, bei Fischen und manchen Weichthieren in Form von Schleimabsonderung, die in der That größtentheils

aus von der Hautoberfläche abgestoßenen und schleimig gewordenen Zellen besteht, zuweilen aber auch nur periodisch statt findet und dann in der Form der Häutung, der Mauser und des Härens auftritt, wobei bekanntlich die Säugethiere ihre Haare verlieren, der Hirsch sein Geweihe abstößt, die Krebse ihre Schalen und die Würmer ihre Haut mit allen darauf befindlichen Haaren abwerfen. Wie bereits oben §§ 14—19 angegeben, bietet die Haut der verschiedenen Thiergruppen mancherlei Bildungen dar und zwar Bildungen, daß sich aus ihnen ausgezeichnete Merkmale zur Unterscheidung von Arten, Sippen und selbst von Familien bilden. Die Haut der Wirbelthiere zeigt mehrere ungleiche Schichten, wie sie am deutlichsten die des Menschen zeigt; die unterste und dickste Schicht ist die Lederhaut, d. h. derjenige Theil, welcher sich zu Leder gerben läßt, stellt auf der Oberfläche eine Menge von Wärzchen dar, worin sich die Nerven des Gemeingefühls endigen, und enthält ein feines Netzwerk von Blutgefäßen, welches das Gefäßnetz genannt wird; die oberste Schicht ist die Oberhaut, welche aus Zellen besteht, die in ihrem inneren Theile getrennt sind und sich im Verhältnisse, als sie sich in Folge des Absterbens anderer nach Außen drängen, abplatten; zwischen diesen beiden, aber mehr mit der Oberhaut verbunden, liegt die Schleimhaut, Rete muscosum, welche aus einer dünnen Schicht von Zellen besteht, von welchen einige den Farbstoff enthalten, der die Farbe der verschiedenen Menschenraçen und Thierklassen bedingt. Während die Schuppen der Reptilien, die Nägel und Krallen der Säugethiere, die zarten Decken der Krebse und Krabben nur Abänderungen der Oberhaut sind, entspringen die Federn der Vögel und die Schuppen der Fische aus der Gefäßschicht.

§. 70. Die Aussonderung der Galle scheint, die der Lungen ausgenommen, die häufigste und die wichtigste zu sein, weßhalb in allen Thiergruppen von der obersten bis zur untersten Entwicklungsstufe die Leber oder ein anderes zur Absonderung der Galle bestimmtes Organ vorkommt, während die übrigen Drüsen theilweise oder gänzlich bei den unteren Thierklassen fehlen. Bei den Wirbelthieren bildet die Leber das größte aller Organe des Thierkörpers und bei den Weichthieren ist sie nicht weniger vorwaltend, denn sie umhüllt bei den letzteren die Gedärme und bei den Kopflosen, z. B. bei der Auster, schließt sie den Magen ein; bei den Insecten bildet sie lange, verschiedenartig gewundene und durchflochtene Röhren. Auch bei den Strahlthieren, besonders bei den Stachelhäutern, hat die Leber eine bedeutende Entwicklung, so daß sie bei den Seesternen weit in alle Strahlen fortläuft und in Form und Structur der der Weichthiere gleicht; selbst bei den Polypen finden sich besondere braune Zellen, die den Nahrungskanal bekleiden und wahrscheinlich die Funktion der Leber der höheren Thiere haben.

§. 71. Die wichtigste Absonderung in dem thierischen Organismus ist die der Lungen, indem auch dieselbe den Ueberschuß des Blutes an Kohlenstoff entfernt und dieses für seine weiteren Functionen brauchbar erhalten wird (vergl. §. 63). Obgleich in den Lungen*) sowohl, wie in

*) In den Lungen ist neuerer Zeit eine besondere Säure, die Lungensäure, aufgefunden worden, die außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch Schwefel und Stickstoff enthalten soll.

der Galle stickstoffhaltige Substanzen, namentlich derartige Säuren vorkommen, so haben beide Organe doch das Gemeinschaftliche, nur stickstofffreie Producte abzusondern. Beide Organe scheinen in gewisser Beziehung sich gegenseitig ersetzen zu können, weßhalb auch bei denjenigen Thieren, welche sehr entwickelte Respirationsorgane besitzen, die Gallenapparate verhältnißmäßig klein sind.

§. 72. Durch die Nieren findet die Absonderung solcher Stoffe statt, die für den Organismus beim Verbleiben im Blute nicht weniger nachtheilig sein würden, als die übrigen Excretionen. Den Nieren entsprechende Organe lassen sich sehr weit abwärts in der Thierreihe nachweisen, was auf ihre große Wichtigkeit deutet. Besondere Producte der Nierenthätigkeit sind die Harnsäure und der Harnstoff (vergl. Bd. 3. S. 520 und 599 und Bd. 2. Sect. 1. S. 454), welche beide reich an Stickstoff sind, und außerdem ein großer Theil der mineralischen Salze, welche durch die festen und flüssigen Nahrungsmittel dem thierischen Körper zugeführt worden sind. Diese Absonderungen, welche durch den Harnkanal ausgestoßen werden, sind nur bei den Reptilien und Vögeln von fester Beschaffenheit, sonst aber meist so mit Wasser vermischt, daß sie vollkommene Lösungen, den Harn oder Urin, bilden; dieser große Gehalt an Wasser in den Absonderungen der Nieren deutet darauf hin, daß sich, wie die Lunge und Leber zur Abscheidung von Kohlenstoff, die Nieren, Lungen und Haut gegenseitig in der Ausscheidung des Wassers ergänzen.

Vierter Abschnitt.

Die Fortpflanzungsorgane und ihre Verrichtungen.

§. 73. Während die Organe und Verrichtungen, welche in den vorhergehenden drei Abschnitten erörtert sind, die Erhaltung des Individuums zum Zwecke haben, bedingen die Fortpflanzungsorgane und deren Verrichtungen die Erhaltung der Thierart. Die Fortpflanzung der Thiere ist aber fast durchgehends bedingt durch die Vereinigung von zweierlei Individuen, von Männchen und Weibchen, die zu diesem Zweck gewöhnlich paar- oder auch truppweise mit einander leben und sich beide durch Eigenthümlichkeiten des inneren Baues und des äußeren Ansehens von einander unterscheiden, ein Unterschied, der durch den ganzen Thierkreis vorwaltet und in Betracht gezogen werden muß, wenn man eine richtige und vollständige Vorstellung von der Art (Species) erhalten will. Ja auf die Eigenthümlichkeiten beider Geschlechter sind selbst höhere als bloße Artenunterschiede begründet, wie z. B. bei sämmtlichen Säugethieren der Umstand bezeichnend ist, daß die Weibchen mit besonderen Organen und einer darin abgesonderten Flüssigkeit, mit Milch, zur Ernährung der Jungen versehen sind, und bei den Beutelthieren ist das Weibchen von dem Männchen durch einen Beutel, in welchem es die Jungen nach der frühzeitig eintretenden Geburt aufnimmt, verschieden.

§. 74. Außer der geschlechtlichen Fortpflanzung giebt es auch eine ungeschlechtliche. Bei ersterer findet nur dann die Entwicklung eines neuen

Thieres statt, wenn der Keim desselben oder das Ei mit dem Samen in Berührung gekommen und auf eine bis jetzt noch unerklärte Weise befruchtet worden ist; die allein wesentlichen Fortpflanzungsorgane sind demnach die beiden Drüsen, welche Eier und Samen erzeugen, nemlich der Eierstock und der Hoden; häufig stehen jedoch mit ihnen noch andere Organe in Verbindung, welche zur Ausführung der Geschlechtsproducte und als Begattungsorgane zur Vermittlung der Befruchtung dienen, nemlich von dem Hoden ab der Samenleiter, Vas deferens, welche eine Erweiterung zur Ansammlung des Samens, die Samenblase, bilden kann, von wo aus der Samen durch einen Ausführungskanal, Ductus ejaculatorius, der mit besonderen Begattungsorganen in Verbindung steht, nach Außen geleitet wird, während anderseits, bei dem Weibchen, diesen Abtheilungen der Eileiter, Tuba, der Ei- oder Fruchthalter, Uterus, und die Scheide entsprechen. Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung kann sich entweder das Thier durch eine bloße Theilung, oder durch eine Knospung, oder durch eine innere Keimbereitung, oder durch wurzelartige Ausläufer vermehren. Bekommt auch das junge Thier häufig schon im Ei oder als Knospe mit den wesentlichen inneren Organen die Gestalt eines der Eltern oder des Mutterthieres und zeigt dann in seiner weiteren Entwicklungsperiode bis zur vollendeten Alters- und Geschlechtsreife weniger auffallende Veränderungen, so hat es eben so häufig und sogar nach häufiger Verwandlungen, sog. Metamorphosen, durchzumachen d. h. es müssen verschiedene äußere und innere Organe eines jungen, den Eltern unähnlichen Thieres umgewandelt oder rückgebildet werden bis zu dem Zustand, wo die Aehnlichkeit mit einem der Eltern oder dem Mutterthiere völlig ausgesprochen und es, in der Regel mit der Entfaltung der Geschlechtsorgane, selbst wieder im Stande ist, die Art fortzupflanzen. Endlich giebt es noch eine, jedoch für die Beobachtung schwierigere Form der Fortpflanzung und Entwicklung, nemlich den Generationswechsel, indem nemlich bei einer großen Zahl wirbelloser Thiere der Artbegriff nicht durch die Merkmale einer Generation von Individuen vollständig wird, sondern erst in mehreren, in cyclischer Entwicklung auf einander folgenden Generationen, die im Allgemeinen in einem solchen Verhältniß zu einander stehen, daß die eine als Hauptrepräsentant der Art Geschlechtsorgane entwickelt und durch Samen und Eier sich fortpflanzt, während die aus den Eiern hervorgegangene Generation durch eine eigenthümliche Keimbereitung, Theilung oder Knospenbildung proliferirt und erst in ihren Nachkommen oder in den Producten dieser Nachkommen der ersten Generation wieder ähnlich wird. Die weitere Erörterung dieser verschiedenen Fortpflanzungsarten ist Gegenstand der nachfolgenden Paragraphen.

Das Ei.

§. 75. Das alte Gesetz in der Zoologie, daß nemlich alle Thiere aus Eiern entstehen, ist in der neueren Zeit durch Beobachtungen vollkommen bestätigt und dadurch nachgewiesen worden, daß jedes werdende Thier unabänderlich zu einer Zeit, in der Periode des Embryo's, in einem Ei eingeschlossen ist, wodurch zugleich die alte Eintheilung der Thiere

in eierlegende und in lebendig gebärende Thiere viel an ihrer Bedeutung verloren hat.

§. 76. Das Ei besitzt im Allgemeinen eine mehr oder weniger kugelige Form und zwar ist von der der Vogeleier der Ausdruck eiförmig oder oval entnommen worden. Die Eier der übrigen Thierklassen haben meist und besonders die der tieferen Klassen eine regelmäßig kugelförmige Gestalt, doch besitzen einige Eier noch besondere Anhänge, wie z. B. die der Haie und der Rochen wie eine Tragbahre mit vier hakenförmigen Hörnern in den Ecken gestaltet, die der Süßwasserpolypen dicht mit Stacheln bedeckt, die gewisser Insecten dicht mit Fäden überzogen sind und dadurch ein haariges Ansehen erhalten. Die Eier noch anderer Thiere sind prismatisch oder cylindrisch, oft auf der Oberfläche mit erhabenen und vertieften Punkten versehen u. s. w.

§. 77. Die Eier entstehen in gewissen Organen, in den Eierstöcken, Drüsen, die gewöhnlich in der Bauchhöhle liegen. Sie heißen hier Eichen oder Primitiveier, sind sehr klein und fast in allen Thieren gleich und bestehen aus kleinen Zellen mit Dottersubstanz erfüllt, welche wiederum andere noch kleinere Zellen, die Keimbläschen, und darin den Keimpunkt einschließen; der Dotter mit der Dotterhaut bildet sich bei der Verweilung des Eies im Eierstock und wird nachher von einer anderen Hülle, der Schalenhaut, eingeschlossen, welche entweder weich bleibt oder auch noch von einer kalkigen Absonderung, von der Eierschale, umgeben wird. Die Zahl der Eier im Eierstock steht im umgekehrten Verhältniß zu der Entwicklungsstufe des Thieres, denn sie ist bei den niedrigen Thierklassen bedeutend größer als bei höheren.

§. 78. Haben die Eier einen gewissen Grad von Reife erhalten, der aber bei den verschiedenen Thierklassen verschieden und mit einer gewissen höheren Entwicklung des Thierkörpers verbunden ist, welche sich durch eine belebtere Physiognomie, oder durch einen melodischeren Gesang, oder durch die lebhafteren Farben der Außenfläche kund giebt und als der hochzeitliche Zustand bezeichnet wird, so verlassen sie den Eierstock, was die Ovulation heißt und nicht mit dem Eierlegen (vergl. §. 79) verwechselt werden darf. Die Ovulation findet zu gewissen Jahreszeiten, aber nie früher statt, bis das Thier ein gewisses Alter, die Mannbarkeit, erreicht hat, was gewöhnlich mit der Vollendung des Wachsthums zusammentrifft. Bei den meisten Thierarten tritt die Ovulation mehrere Jahre hintereinander ein und zwar bei Landthieren meist im Frühjahr, jedoch oft auch mehrere Male im Jahre, bei den Wasserthieren hingegen im Herbst und im Winter. Bei anderen Thierarten findet aber auch die Ovulation nur einmal im Leben statt, wenn das Thier seine Reife erlangt hat und stirbt, wie der Schmetterling, nach vollendeter Ovulation.

§. 79. Nachdem die Eier aus dem Eierstock getreten sind, werden sie entweder von den Thieren ausgeschieden, gelegt, oder sie setzen ihre Entwicklung im Mutterthiere fort, wie dieses bei einigen Fischen und den Reptilien der Fall ist, welche deßhalb ovovivipare Thiere genannt werden. Die Eier der Säugethiere entwickeln sich einzig und allein in der Mutter, stehen jedoch dabei mit derselben in unmittelbarer Verbindung; diese Entwicklungsart durch die Mutter heißt das Tragen oder Träch-

tigsein, die Schwangerschaft oder Gestation derselben. Das Legen der Eier, womit die erst nach der Ovulation erfolgende Austreibung der Eier aus der Leibeshöhle, welche entweder unmittelbar oder durch einen besonderen Kanal, den Eileiter oder Oviduct, erfolgt, bezeichnet wird, findet zuweilen, wie bei den Vögeln, eines nach dem anderen, zuweilen aber auch, wie bei den Fröschen, Fischen und den meisten wirbellosen Thieren, in großer Anzahl mit einander statt (die weiße Ameise bringt binnen 24 Stunden gegen 80000, der gemeine Haarwurm in noch kürzerer Zeit gegen 8 Millionen Eier zu Tage). In einigen Fällen sind die Eier durch eine gallertartige Masse traubenförmig verbunden oder in Behältnisse oder zwischen häutige Scheiben eingeschlossen, welche zu einer Schnur an einander gereihet sind. Auch die Verhältnisse, in welche die Eier der verschiedenen Thiere beim Legen gebracht werden, sind sehr verschieden; so bauen sich die Vögel und einige Insecten besondere Nester hierzu, während andere Thiere die Eier an dem Körper mit sich herumtragen, wie die Krebse und Krabben unter dem Schwanz, manche Kröten und zwar hier die Männchen derselben auf dem Rücken, die Flußmuscheln an den Kiemen, die Quallen und Polypen in Bündeln entweder an der inneren oder an der äußeren Seite des Bodens ihrer Körperhöhle. Andere Thiere überlassen die Eier entweder an andere Thiere, wie z. B. die Bremse, oder den Elementen, ohne weitere Sorge für sie zu tragen, wie dieses z. B. bei den meisten Fischen, einigen Insecten und vielen Weichthieren der Fall ist.

§. 80. Bevor die nähere Erörterung über die Entwicklung der Eier und über die Umbildungen des Embryo's gegeben wird, ist noch Einiges über die Zusammensetzung des Eies selbst anzuführen. Dasselbe besteht, wie bereits §. 77 angedeutet worden, aus mehreren Substanzen, welche sowohl in Structur wie im Ansehen verschieden sind und auch in physiologischer Beziehung eine verschiedene Wichtigkeit haben, denn während die am meisten auffallenden Theile der Vogeleier keine wesentlichen Theile sind und bei den Eiern der meisten übrigen Thiere fehlen, sind der Dotter, das Keimbläschen und der Keimpunkt in den Eiern sämmtlicher Thiere enthalten und für die Entwicklung eines neuen Thieres unbedingt nothwendig. Der Dotter, Vitellus, bildet den wichtigsten Theil des Eies und besteht aus einer zuweilen undurchsichtigen (bei den Vögeln), zuweilen durchscheinenden und farblosen Flüssigkeit von sehr verschiedener Consistenz und erscheint unter dem Mikroskop aus unzähligen kleinen Körnchen zusammengesetzt; er ist von einer sehr dünnen Haut, der Dotterhaut, umgeben, die beim Fehlen des Eiweißes die äußere Hülle des ganzen Eies bildet und in diesem Falle von festerer Consistenz, ja sogar zuweilen hornartig ist. Das Keimbläschen besteht aus einer Zelle von äußerster Zartheit, welche im frischen Zustand nächst der Mitte des Dotters liegt und entweder, wenn dieser wie im Hühnerei opak ist, durch das größere Durchscheinendsein des Inhaltes, oder wenn der Dotter wie bei den Fischen durchscheinend ist, durch den Umriß erkannt wird; es enthält einen oder mehrere etwas opake Flecke in Form kleiner Punkte, die Keimpunkte, welche selbst noch kleinere Zellenkernchen, Nucleoli, eingeschlossen haben. Das Eiweiß, Albumen, ist ein klebriger, gewöhnlich farbloser, beim Erhitzen gerinnender Stoff (vergl. Bd. 3. S. 912 ff.), der trotz seines großen Vorwaltens im Vogelei

eine untergeordnete Rolle in der Entwicklungsgeschichte des Vogels spielt. Das Eiweiß bildet sich nicht, wie der Dotter, im Eierstock, sondern wird im Eileiter abgesondert und während des Durchganges des Eies durch diesen Kanal am Dotter abgelagert, weßhalb auch die Eier derjenigen Thiere, welchen dieser Kanal fehlt, gewöhnlich kein Eiweiß haben. Das der Vogeleier besteht aus mehreren Schichten, von welchen die eine, die Chalaza, sich gewunden zeigt, und wie der Dotter von einer einfachen oder doppelten Haut, der Schalenhaut, umgeben ist, welche bei den Vögeln und einigen Reptilien durch die kalkige Hülle, durch die Eierschale geschützt wird; diese Hülle bleibt jedoch in den meisten Fällen häutig, wie an den Eiern der Mollusken, der meisten Kruster und Fische, der Salamander und Frösche, oder ist zuweilen, wie bei den Haien und Rochen hornartig.

Die Entwicklung des Jungen im Ei. Embryologie.

§. 81. Die Embryologie hat zum Gegenstande das Studium der verschiedenen Veränderungen, welche bei der Entwicklung des werdenden Thieres in dem Ei vor sich gehen. Um aber die auf einander folgenden Entwicklungsstufen des werdenden Thieres, des Embryo's zu begreifen, ist es nothwendig, die Zusammensetzung des thierischen Körpers zu kennen. Der thierische Körper besteht aus Geweben, deren Uranfänge Zellen bilden, welche bei dem ausgewachsenen Thier sehr ungleichartig gestaltet oder sogar gänzlich umgewandelt sind, während der Embryo im Anfang seines Lebens aus kleinen Zellen von fast gleicher Form und Consistenz besteht. Diese Zellen entstehen im Inneren des Dotters und unterliegen unter dem Einfluß des Lebens fortdauernd neuen Veränderungen; es werden neue Zellen gebildet und ältere verschwinden oder wandeln sich so um, daß Blut, Knochen, Muskeln, Nerven u. s. w. aus ihnen hervorgehen. Mit dem weiteren Wachsthum des Thieres ist die Bildung verschiedener Gewebe verbunden, deren Umrisse jedoch nicht immer scharf begrenzt sind und sie dann in beinahe unmerklichen Schattirungen in einander übergehen. Die wichtigsten dieser Gewebe sind:

1) Das Areolargewebe, welches das am allgemeinsten verbreitete ist und aus gewöhnlich großen, aber unregelmäßigen, in den Wandungen oft unvollkommenen Zellen besteht, bei den Menschen und höheren Thieren in verschieden dicken Schichten zwischen die Organe des Körpers angelagert ist und mehr oder weniger Fett enthält; die meisten Membrane sind bloß Modificationen des Areolargewebes.

2) Das Knorpelgewebe besteht aus Kernzellen, deren Zwischenzellenräume mit einer dichteren Substanz, mit dem sog. Hyalinstoff, ausgefüllt sind.

3) Das Knochengewebe unterscheidet sich von dem Knorpelgewebe dadurch, daß seine Maschen nicht mit Hyalinstoff, sondern mit Kalksalzen angefüllt sind, wodurch es das gedrungene und feste Ansehen erhält; es enthält zugleich kleine abgerundete oder sternförmige Punkte, welche fälschlich Knochenkörperchen genannt werden, aber bei näherer Betrachtung als Höhlen oder Kanäle erscheinen.

4) Das Muskelgewebe bildet das Fleisch der Thiere und besteht

aus Bündeln parallel laufender Fasern, welche in den sog. willkürlichen Muskeln gewöhnlich von sehr feinen Linien oder Runzeln gekreuzt sind und die eigenthümliche Fähigkeit besitzen, sich unter dem Einfluß der Nerven zusammenzuziehen oder zu verkürzen.

5) Das Nervengewebe, welches eine verschiedene Gestalt hat, besteht in den eigentlichen Nerven aus zarten, an ihren Enden wieder zurücklaufenden und Schlingen bildenden Fasern; dieselbe faserige Structur findet sich auch in dem weißen Theile des Gehirns, während die graue Substanz desselben aus sehr kleinen Granulationen mit Gruppen größerer Zellen besteht. Diese Gewebe verwischen sich allmählig in ihren Unterschieden, je tiefer die Thierklassen stehen und in der That bestehen die meisten Infusorien nur aus mit einander in Berührung befindlichen Zellen.

§. 82. Die Veränderungen, welche im Ei nach dem Legen desselben eintreten, beginnen bei denen der meisten Thiere alsbald nach dem Legen und dauern so lange, bis die Entwicklung des jungen Thieres vollendet ist; nur bei den Vögeln und anderen Thieren gehen die Veränderungen im Ei bis zu einem gewissen Punkt und bleiben bis zur Zeit der Bebrütung unterbrochen. Der ursprünglich homogene Dotter erhält ein anderes Ansehen, indem einige Theile mehr oder weniger durchsichtiger werden, als sie ursprünglich waren; das Keimbläschen rückt von der Mitte nach der oberen Seite des Dotters, wo der Keim gebildet werden soll. Hierbei findet in den Eiern einiger Thiere, besonders der Weichthiere und namentlich der Schnecken, eine kreisende Bewegung des Dotters statt. Zugleich mit der Keimbläschenverrückung findet ein anderer Vorgang, der sog. Segmentations- oder Furchungsproceß, statt, welcher darin besteht, daß sich der Dotter in zwei Theile in Form von Kugeln scheidet, die sich wieder in zwei Theilen und so regelmäßig weiter, bis der ganze Dotter die Form einer Maulbeere erlangt hat; jedes der diese Maulbeere bildenden Kügelchen hat in seinem Inneren ein durchscheinendes Bläschen. Dieser Vorgang zeigt sich bei den Säugthieren, bei den Würmern und einem Theil der Mollusken, während sich bei den Fischen und nackten Reptilien diese Theilungen nicht über die ganze Masse erstrecken. Diese Theilung, sie mag nun eine vollständige oder eine unvollständige sein, führt stets zur Bildung eines Keims, der entweder den ganzen Dotter umfaßt oder sich als eine scheibenförmige Vorragung über denselben erhebt, aus kleinen Zellen besteht und die Keimhaut oder Keimscheibe, Blastoderma, Discus proligerus, Area germinativa, heißt; aber auch in diesem Fall bildet der weniger auffallend veränderte Theil des Dotters einen Theil des Keims und die Scheibe dehnt sich immer weiter aus, bis sie den Dotter ganz oder beinahe gänzlich umfaßt. In dieser Periode, die bei einigen Thieren in wenigen Tagen, bei anderen in einigen Stunden nach begonnener Entwicklung eintritt, besteht der Keim aus einer einfachen Schicht sehr kleiner Zellen, die in Form und Ansehen sämmtlich gleich sind. Bald hierauf tritt aber eine neue Veränderung ein. Der Keim nimmt an Dicke zu und läßt nun mehrere, immer deutlicher werdende Schichten oder Blätter unterscheiden. Die obere Schicht, in welcher sich später die Organe des animalischen Lebens, wie Nerven, Muskeln, Skelett u. s. w. bilden, heißt das animale, seröse oder nervöse Keimblatt, während die untere,

gewöhnlich aus größeren Zellen bestehende Schicht den Organen des vegetativen Lebens, insbesondere den Eingeweiden ihre Entstehung gibt und das mucöse oder vegetative Keimblatt genannt wird; bei den Wirbelthieren findet sich zwischen diesen beiden noch eine dritte Schicht, in welcher das Blut und die Kreislauforgane entstehen, weßhalb sie das Gefäß- oder Blutblatt heißt. Schon vor dieser Periode kann man aus der Art der Keimveränderung den Keim des Thierreiches erkennen, zu welchem das werdende Einzelwesen gehört, da bei den Kerbthieren der Keim in die Ringelung des Körpers andeutende Abschnitte getheilt wird, während sich bei den Wirbelthieren eine Längsfurche, die Primitivrinne, entwickelt, welche die Lage der künftigen Wirbelsäule andeutet. Diese Primitivrinne ist in ihrer Entwicklung sehr wichig, da sie den Plan des Baues der Wirbelthiere im Allgemeinen ausdrückt; sie ist anfangs sehr seicht und unter ihr erscheint ein kleines, durchscheinendes und schmales Band, der Primitivstreifen; an den Wänden der Furchen erheben sich zwei durch Anschwellung des Keims längs beiden Seiten des Primitivstreifen gebildete Ränder, die Primitivränder, welche allmählig höher werden, mit dem Rücken sich nähern und zuletzt vereinigen, so daß die anfängliche Rinne in eine Röhre umgewandelt wird, in welcher sich bald eine Flüssigkeit sammelt, aus der das Gehirn und Rückenmark entstehen. Durch die Entwicklung eines besonderen knorpelartigen Organs wird der Primitivstreifen nach und nach undeutlich; es entsteht nämlich in der unteren Wand der Rückenröhre der Rückenstrang, Chorda dorsalis, welcher sich im Embryo aller Wirbelthiere findet und das Rückgrat darstellt. Während dem dehnen sich die äußeren Ränder des Keimes immer weiter und weiter über den Dotter aus, so daß sie ihn zuletzt gänzlich umschließen und so eine andere Höhle von unten bilden, worin sich die Organe des vegetativen Lebens zu entwickeln haben. Hiernach enthält der Embryo der Wirbelthiere zwei Höhlen, die eine sehr enge obere für die Entwicklung des Nervensystems, die andere, viel größere untere für die der Eingeweide. Obgleich in allen Klassen des Thierreiches der Embryo auf dem Dotter liegt und ihn wie eine Klappe bedeckt, so ist doch die Richtung, in welcher die Ränder seines Umfanges sich einander nähern und vereinigen, bei den verschiedenen Thieren sehr ungleich, was jedoch von großer Wichtigkeit für die Klassification der Thiere ist. Während nämlich der Embryo bei den Wirbelthieren mit seiner Bauchseite gegen den Dotter gekehrt liegt und deßhalb am Bauch die Naht oder Linie, in der sich die Ränder des Keims zur Einschließung der Dotter vereinigen, als sog. Nabel sichtbar ist, und längs des Rückens eine andere Naht zeigt, wo sich die Primitivrinne über dem Rückgrat geschlossen hat, so liegt dagegen der Embryo der Kerbthiere mit dem Rücken auf dem Dotter, weßhalb hier dieser von der entgegengesetzten Seite her in den Körper tritt und die bei den Wirbelthieren am Bauch auftretende Naht am Rücken entsteht. Bei den Kopffüßern hängt zwar der Dotter wie bei den Wirbelthieren mit der Unterseite des Körpers zusammen, zeigt aber keine Rückgrathöhle; bei den übrigen Weichthieren und den Würmern zeigt sich endlich die Eigenthümlichkeit, daß der ganze Dotter in die Masse des Embryo's verwandelt wird, während bei den Wirbelthieren ein Theil desselben aufbewahrt bleibt, um in einer späteren Zeit zur Nahrung zu

dienen. Bei den Strahlenthieren bildet sich der Keim rund um den Dotter und scheint diesen ganz vom Anfang her einzuschließen.

§. 83. Die Entwicklung des Embryo's im Ei der Wirbelthiere läßt sich am besten an dem des Fisches beobachten, da man es hier mit einem durchscheinenden Ei zu thun hat und bei gehöriger Vorsicht eins derselben zur Beobachtung einer Reihe von Veränderungen und zur Feststellung der Ordnung, in welcher die einzelnen Organe auftreten, benutzt werden kann. Das Ei einer gewissen Forellenart ist im frisch gelegten Zustand kugelig, wie eine Erbse groß und fast durchsichtig und hat kein Eiweiß, aber eine so dicht an die Dotterhaut angeschlossene Schalenhaut, daß sie nicht unterschieden werden kann; in der Dottermasse sind ölartige Kügelchen eingestreut oder in eine Art Scheibe zusammengestellt, unter welcher das Keimbläschen liegt. Wenige Stunden nach dem Legen tritt die erste Veränderung ein, indem sich die Schalenhaut durch Einsaugung von Wasser von der Dotterhaut trennt und zwischen der Schalenhaut und dem Dotter ein ansehnlicher, durchscheinender Zwischenraum entsteht, der in gewisser Beziehung dem Eiweiß im Vogelei entspricht. Bald nachher zeigt sich das erste Anzeichen des Keims, indem mitten zwischen den Oelkügelchen eine Anschwellung in Form eines durchscheinenden, aus sehr zarten Zellen zusammengesetzten Bläschen entsteht, welches sich rasch ausdehnt, bis es einen großen Theil des Dotters umschlossen hat, worauf ein Eindruck auf ihm entsteht, der allmählig zu einer tiefen Furche wird; bald nachher entsteht rechtwinkelig zu dieser eine zweite Furche, so daß der Keim nun vier Erhöhungen hat, und diese Durchfurchung des Keims geht am zweiten oder dritten Tag immer weiter, bis derselbe in zahllose kleine Kugeln getheilt ist und das Ansehen einer Maulbeere erlangt hat. Am Ende des dritten Tages verschwinden aber alle diese Furchen wieder gänzlich und der Keim fährt fort, sich um den Dotter herum auszudehnen, bis dieser gänzlich eingeschlossen ist. Am zehnten Tag beginnen die Umrisse des Embryo's deutlich zu werden und bald läßt sich eine Vertiefung zwischen zwei Erhöhungen wahrnehmen, deren Ränder sich beständig einander nähern, bis sie sich wirklich vereinigen und einen geschlossenen Kanal bilden. Zu gleicher Zeit findet an einem der Enden des Embryo's eine Ausbreitung statt, welche den Kopf bildet, an welchem bald die drei Abtheilungen des Gehirns, die den Gesichts-, Gehör- und Geruchsorganen entsprechen, zu unterscheiden sind. Gegen den dreizehnten Tag wird die Stelle, die später den Rückgrat einnimmt, in einem durchscheinenden, knorpeligen, aus großen Zellen bestehenden und allmählig mit Querabtheilungen versehen werdenden Strang wahrnehmbar. Es ist dieses der allen Wirbelthierembryonen gemeinsame Rückenstrang, welcher stets der Bildung des Rückgrates vorangeht und bei einigen Fischen, wie beim Stör, das ganze Leben hindurch in diesem embryonischen Knorpelzustand verbleibt, indem sich ein wahres Rückgrat niemals bildet. Bald nach der Rückenstrangbildung erscheinen die ersten Anlagen zu den Augen in der Form einer Falte in der äußeren Haut des Keimes, worin sich später die Krystalllinse entwickelt; gleichzeitig hiermit tritt am Hintertheil des Kopfes ein elliptisches Bläschen, die Anlage des Ohres, auf. Während dieser Zeit ist die Verschiedenheit zwischen oberer und unterer Keimschicht am auffallendsten, da die bis jetzt angeführten Verände-

rungen nur die obere Schicht betreffen. Nach dem siebzehnten Tage theilt sich das vegetative Blatt in zwei Schichten, von welchen die untere zu Eingeweiden wird. Um dieselbe Zeit zeigt sich das Herz in Form einer einfachen Höhle mitten in einer Zellenmasse, welche zum Gefäßblatte gehört; sobald die Herzhöhle geschlossen ist, stellen sich Bewegungen regelmäßiger Zusammenziehung und Ausdehnung und zugleich in Uebereinstimmung mit diesen Bewegungen ein Senken und Heben des Blutes ein. Aber erst am dreißigsten Tag zeigen sich die ersten Spuren eines Kreislaufes durch das Auftreten zweier Ströme, von denen der eine gegen den Kopf und der andere gegen den Rumpf läuft, mit ähnlichen Gegenströmen. In dieser Zeit beginnt die Bildung der Leber, während inzwischen der Embryo sich allmählig an beiden Enden von seinem Zusammenhang mit dem Dotter loslöst, der Schwanz frei wird und das junge Thier sich in heftigen Rucken bewegt. Obgleich nun dieses noch im Ei eingeschlossen ist, so vereinigt es doch alle wesentlichen Bedingungen zur Ausführung der Verrichtungen des thierischen Lebens, da es ein Gehirn, einen Darm, ein pulsirendes Herz und Blutumlauf hat und seinen Schwanz bewegt; aber diese Formen sind noch unvollständig und haben noch nicht genau die Bildung erlangt, welche zur Charakterisirung der Klasse, Familie, Sippe und Art nöthig ist. Das junge (Forellen-) Thier ist jetzt nur ein Wirbelthier im Allgemeinen und erst nach dem vierzigsten Tag, gegen das Ende der Embryoperiode erlangt es mehr die ihm eigenthümliche Form, indem sich der Kopf vollständig aus dem Dotter scheidet, die Kinnladen hervortreten, die Nasenlöcher immer näher an das Ende der Schnauze rücken, die den Körper umgebende Flosse sich theilt, die vorderen, bis jetzt nur durch schwache Hervorragungen angedeuteten Gliedmaßen die Flossenform annehmen und endlich nach einander die Kiemenöffnungen erscheinen, so daß man nun in dem jungen Thier den Typus eines Fisches erkennen kann. In diesem jedoch immer noch unvollkommenen Zustand entschlüpft dieses am sechszigsten Tage dem Ei; die Umrisse sind noch zu unbestimmt, um Sippe und Art des Fisches zu erkennen, denn die Kiemendeckel sind noch nicht gebildet, die Zähne fehlen, die Flossen sind frei von Strahlen, der Mund ist noch nach unten gedrängt und es vergeht überhaupt noch einige Zeit, bis die junge Forelle in ihre Endstellung am vordersten Ende des Kopfes gelangt. Der Rest des Dotters hängt am Bauch in Form einer großen Blase herab, die sich jedoch von Tag zu Tag verkleinert, bis sie sich zuletzt ganz in das Innere des Thieres zurückzieht. Diese letzteren Veränderungen dauern bei den verschiedenen Fischen verschieden lang, von einigen Tagen bis zu mehreren Monaten, bis das Thier den Typus seiner Art rein zeigt.

§. 84. Die Frösche und nackten Reptilien haben eine den Fischen sehr ähnliche Entwicklung, während die der schuppigen Reptilien, wohin die Schlangen, Eidechsen und Schildkröten gehören, etwas abweichend ist, indem bei diesen der Embryo während des Wachsthums von besonderen Häuten umgeben ist, von denen eine die **Harnhaut**, Allantois, heißt und Veranlassung zu der gemeinschaftlichen Bezeichnung „**Allantoid-Wirbelthiere**“ im Gegensatz zu den diese Haut nicht besitzenden Fischen und nackten Reptilien „**Anallantoid-Wirbelthiere**“ gegeben hat. Bei den

Allantoid-Wirbelthieren, wohin außer den nackten Reptilien auch die Vögel gehören, findet sich zu einer gewissen Zeit, wenn nämlich der Embryo im Begriff des Freimachens von dem Dotter ist, eine Falte, die sich von dem im oberen Keimblatt rund um dessen Körper erhebt, so daß sie bei einem Längsdurchschnitt zwei vorragende Wände darstellt, welche von allen Seiten aufwärts zusammenneigend sich langsam erheben, bis sie sich über der Mitte des Rückens vereinigen, durch welche Vereinigung, die im Hühnerei am vierten Tag eintritt, eine Höhle zwischen dem Rücken des Embryo's und der neuen Substanz entsteht. Die Wände dieser Höhle heißen das Schafhäutchen, Amnios, und die die Höhle ausfüllende Flüssigkeit das Schafwasser oder die Amniosflüssigkeit. Bald nach der Einschließung des Embryo's im Schafhäutchen bildet sich aus dem vegetativen Blatt unter dem hinteren Ende des Embryo's zwischen Schwanz und Dottermasse ein flacher Beutel, anfangs nur in der Form einer einfachen kleinen Bucht, aber immer größer und größer werdend, bis er einen ansehnlichen Sack darstellt, der sich rück- und aufwärts umbiegt, die zwei Platten des Schafhäutchens vollständig trennt und endlich dieses nebst dem Embryo in einen zweiten großen Sack einschließt, dessen röhrenförmiger, sich zunächst dem Embryo befindliche Theil später zur Umwandlung in die Harnblase dient. Das Herz ist bereits sehr groß und sendet kleine Arterienfädchen aus und um diese Zeit sind ächte Kiemen an den Seiten des Halses vorhanden und die Kiemenrespiration beginnt.

§. 85. Die Entwicklung der Säugethiere hat folgende Eigenthümlichkeiten. Das Ei ist außerordentlich klein und meist mikroskopisch, jedoch aus denselben wesentlichen Bestandtheilen wie das der tiefer stehenden Thiere zusammengesetzt; die Dotterhaut, hier Chorion benannt, ist verhältnißmäßig dicker, immer weich und von eigenthümlichen Zellen umgeben, die eine Art Eiweiß darstellen. Das Chorion wächst bald verhältnißmäßig stärker als die Dotterkugel zu, so daß es diese nicht mehr unmittelbar überzieht, sondern zwischen beiden ein leerer Zwischenraum entsteht. Der Keim bildet sich in derselben Lage wie bei den übrigen Wirbelthieren, nämlich oben auf dem Dotter und läßt ebenfalls ein oberes seröses und ein unteres muköses Blatt unterscheiden. Durch das allmählige Zuwachsen des Keimes wird das Chorion mit kleinen Franzen oder Zotten bedeckt, welche sich in einer späteren Zeit an die Mutter befestigen und zwar durch die Vermittlung ähnlicher Zotten, die aus den Wänden der Gebärmutter, worin der Embryo enthalten ist, entspringen. Dieser selbst durchläuft im Chorion ähnliche Verwandlungen wie der der Vögel, indem sein Körper und seine Organe auf dieselbe Art gebildet werden, ein Schafhäutchen ihn einschließt und eine Harnhaut aus dem unteren Theil des kleinen Thiers hervorwächst. Sobald der Embryo von dieser umgeben ist, werden die Blutgefäße immer zahlreicher, so daß sie sich bis in die Zotten des Chorions erstrecken, während anderseits von der Mutter aus ähnliche Gefäße sich in die Zotten der Gebärmutter fortpflanzen, ohne jedoch in unmittelbaren Zusammenhang mit denen des Chorions zu treten; diese beiden Arten von Zotten verweben sich aber bald so mit einander, daß sie ein verworrenes, bluterfülltes Organ, den Mutterkuchen, Placenta, darstellen, worin der Embryo bis zur Geburt aufgehängt bleibt.

§. 86. Aus den Einzelheiten, die in den vorhergehenden drei Paragraphen angegeben sind, geht deutlich hervor, daß es drei Arten der Embryoentwicklung gibt, nämlich die der Fische und nackten Reptilien, wo der Keim einfach den Dotter einschließt, der Embryo sich erhebt und aus dem oberen Theil des Dotters hervorwächst, ferner die der beschuppten Reptilien und Vögel, wo ein aus dem umfänglichen Theil des Embryo's entspringendes Schafhäutchen und eine aus der unteren Höhle hervorwachsende Hornhaut vorhanden ist, und endlich die der Säugethiere, die unter Mithülfe des Mutterkuchens stattfindet. Ueberhaupt ist die Thatsache festgestellt, daß die Hüllen, welches das Ei und den Embryo bedecken, um so zahlreicher und zusammengesetzter sind, je höher die Thierklasse steht und je weniger das Individuum Eier ausbildet. Aber weder bei den Fischen, noch bei den Reptilien oder Vögeln nimmt die Dotterhaut oder irgend eine andere Eihülle an der Entwicklung des Embryo's einen Antheil, während bei den Säugethieren das der Dotterhaut entsprechende Chorion sich belebt und zuletzt an den mütterlichen Körper befestigt, so also eine unmittelbare Verbindung zwischen der Mutter und dem jungen Thier herstellt, die nach der Geburt in einer anderen Weise, durch das Säugen der Milch, erneuert wird.

§. 87. Durch die bis jetzt angestellten Beobachtungen in der Embryologie hat sich das Ergebniß gestellt, daß die Organe des Körpers der verschiedenen Kreise des Thierreiches und insbesondere die der Wirbelthiere nach der Ordnung ihrer organischen Wichtigkeit gebildet werden und zwar die wesentlichsten Organe fürerst, daß die Organe des vegetativen Lebens, die Eingeweide und dazu Gehörige später als die des thierischen Lebens, die Nerven, das Skelett u. s. w. zum Vorschein kommen und daß diesen letzteren wieder die allgemeineren, das Thier als solches betreffenden Erscheinungen vorangehen, wie dieses in der Entwicklungsgeschichte der Fische (vergl. §. 83) eines Weiteren auseinander gesetzt ist. Es hat sich in Folge dieser Beobachtungen fernerhin herausgestellt, daß die Embryonen verschiedener Thiere sich um so mehr einander gleichen, in einer je früheren Zeit sie mit einander verglichen werden; so ähneln sich der junge Fisch und der junge Frosch, der Embryo der Krabben und der eines eigentlichen Insektes, der Embryo der Schnecke und der der Fische und Krabben so ungemein, daß man von ihnen nichts weiter sagen kann, als daß der Keim, der sie entwickelt, später zu einem Thier werden wird, ohne jedoch dessen Kreis und Klasse bestimmen zu können. Die Embryologie ist demnach von großer Bedeutung für das Studium der Zoologie und es ist klar, daß, wenn die Bildung der Organe in einem Embryo in einer ihrer Wichtigkeit entsprechenden Reihenfolge stattfindet, diese Reihenfolge ein Merkmal ihres bezüglichen Werthes bei der Klassifikation der Thiere abgeben muß, da die Eigenschaften, welche zuerst sichtbar werden, als wichtiger angesehen werden müssen, als die zuletzt erscheinenden. Aus diesem Grund ist die Eintheilung des Thierreiches in fünf Typen (Kreise oder Klassen) in vollkommener Uebereinstimmung mit den von der Embryologie dargestellten Abstufungen, denn sie ist wesentlich auf die Organe des thierischen Lebens, auf das Nervensystem und dazu gehörige Theile, wie sie im vollkommenen Thiere gefunden werden, begründet.

Besondere Arten der Reproduction.

§. 88. Die Ovulation oder die Entwicklung des Embryo's aus dem Ei ist zwar allen Thierklassen gemein und als der Hauptproceß der Wiedererzeugung der Art zu betrachten; jedoch finden, wie bereits §. 74 angedeutet worden, noch zwei andere Arten der Wiedererzeugung, wenn auch nur bei einer beschränkten Art von Thieren, neben der Ovulation statt, nämlich die Wiedererzeugung durch Knospen und die durch Theilung, so wie auch einige noch außerordentlichere Abweichungen, die aber noch in großes Dunkel gehüllt sind, vorkommen. Die Wiedererzeugung durch Knospen oder die gemmipare Reproduction kommt bei den Polypen und einigen Infusorien vor und besteht darin, daß sich am Stiele oder selbst am Körper des Polypes (namentlich an Hydra) und der Infusorien Knospen bilden, die bei näherer Betrachtung ein junges, anfangs sehr unvollkommen gebildetes, an seinem Grunde mit dem Mutterkörper zusammenhängendes und von diesem die Nahrung erhaltendes Thier enthalten. Dieses entwickelt sich nur stufenweise, das Röhrchen aber, durch welche es mit der Mutter verbunden ist, verschwindet, das Thier löst sich ab und wird unabhängig; andere Knospen hingegen bleiben lebenslänglich mit dem mütterlichen Stiele verbunden und bieten in dieser Weise eine genaue Analogie mit denen der Pflanzen. Bei den Polypen ist aber gerade wie bei den Pflanzen die Knospung nichts Anderes als eine zufällige Wiedererzeugung, welche einen schon bestehenden, das ursprüngliche Erzeugniß eines Eies seienden Stamm voraussetzt.

§. 89. Die Wiedererzeugung durch Theilung oder die fissipare Reproduction findet ebenfalls nur bei den Polypen und einigen Infusorien statt und ist noch außerordentlicher als die gemmipare Reproduction. Es entsteht hierbei irgendwo am Körper ein Spalt von anfangs unbedeutender, später immer mehr zunehmender Tiefe, so daß sich die davon getroffenen Organe zuletzt theilen und verdoppeln, allmählig in zwei Einzelwesen übergehen, welche einander so ähnlich sind, daß man nicht Mutter und Kind unterscheiden kann. Diese Theilung geht entweder senkrecht oder in die Quere und kann sich bei einigen Thieren täglich drei- bis viermal wiederholen.

§. 90. Die Wiedererzeugung verloren gegangener Theile des thierischen Körpers ist bei den Thierklassen sehr verbreitet und scheint bei der Wiedererzeugung durch Knospung zusammenzufallen. Krabben und Spinnen erhalten verloren gegangene Beine leicht wieder, die Arme der Seesterne werden ersetzt, bei der Eidechse wächst der abgehauene Schwanz nach und beim Salamander ersetzen sich einzelne Theile des Kopfes und selbst das in seinem Bau so zusammengesetzte Auge; an dem Körper der Säugethiere bedecken sich verwundete Stellen mit neuer Haut, entzwei gebrochene Knochen heilen wieder zusammen u. s. w. Bei einigen unvollkommenen Thieren geht aber dieses Wiederherstellungsvermögen so weit, daß es der fissiparen Reproduction ähnlich ist und die Wiederherstellung sich auf den ganzen Körper erstreckt, wie z. B. Stücke eines Regenwurmes oder Süßwasserpolypen sich wieder zu einem vollkommenen Thier entwickeln können.

Generationswechsel und Urerzeugung.

§. 91. Obgleich es eine allgemeine Beobachtung ist, daß die Individuen einer Art alle dasselbe gleiche, ihre besondere Organisation anzeigende Ansehen besitzen und die Uebertragung der Eigenthümlichkeiten des Mutterthieres oder eines der Eltern auf den Abkömmling als eins der großen Gesetze in der organischen Welt gilt und zu einem der Punkte gehört, auf welchem der Begriff von Art (Species) beruht, so folgt doch nicht daraus, daß die jungen Thiere den Eltern in jeder Beziehung und zu allen Zeiten ihres Lebens gleichen; es geht vielmehr aus der Entwicklungsgeschichte der Vögel, so wie auch aus der der Frösche und Schmetterlinge hervor, daß die jungen Thiere vollständigen Metamorphosen unterliegen, ehe sie ihre endliche Gestalt annehmen; aber sie werden in ihren verschiedenen Metamorphosen zu derselben Art gerechnet, da man weiß, daß man das Individuum auf verschiedenen Stufen seiner Entwicklung vor sich hat (vergl. ferner §§. 97 bis 103). Es gibt aber auch Fälle, wo der Abkömmling nicht allein bei der Geburt, sondern auch sein ganzes Leben hindurch dem Mutterthier nicht gleicht und die Verwandschaft erst durch eine neue Generation deutlich wird, indem nun erst der Abkömmling dem Großmutterthier gleicht, was aber auch in einigen Fällen erst in der dritten oder vierten Nachkommenschaft oder noch später eintreten kann. Diese eigenthümliche Fortpflanzungsart der Thiere heißt die Wechselerzeugung, der Generationswechsel oder die alternative Generation und hat in der neueren Zeit Gelegenheit zu vielen zoologischen Forschungen gegeben, welche zur Lösung verschiedener zoologischer und philosophischer Aufgaben beigetragen haben.

§. 92. Man hat die Wechselerzeugung zuerst bei den Salpen beobachtet; diese das Meer bewohnenden schalenlosen Weichthiere zeichnen sich dadurch aus, daß sie durch kleine Stellen ihres Körpers in großer Zahl mit einander verbunden sind, so daß sie, mit dem Munde frei, lange im Meer schwimmende Ketten bilden, deren Einzelwesen Eier bilden und zwar jedes derselben nur eins, das sich im Körper der Mutter entwickelt und als ein kleines Weichthier herausschlüpft, welches einzeln bleibt und in einiger Beziehung von der Mutter abweicht, aber keine Eier hervorbringt, sondern sich durch eine Art Sprossung vermehrt, durch welche im Körper der Mutter eine Kette von Individuen entsteht, die wieder einzelne freie Thiere erzeugen. Noch auffallendere mit der Wechselerzeugung verbundene Erscheinungen zeigen andere niedere Thiere. So findet sich in den von Süßwasserschnecken bewohnten Sümpfen ein kleiner Wurm, Cercaria benannt, welcher dem bewaffneten Auge einer Froschquappe sehr gleicht, einen dreieckigen Kopf, einen langen Schwanz und mitten am Bauch einen Saugnapf hat und im Inneren Eingeweide und unter anderen sehr deutlich einen gabelförmig getheilten Strang, welcher den Saugnapf umgiebt und als die Leber betrachtet wird, zeigt; dieser Wurm umschwärmt die Süßwasserschnecken und setzt sich nach einiger Zeit mit Hülfe des Saugnapfes an den Körper dieser Weichthiere fest, wo nun seine Verwandlungen beginnen; der Steuerschwanz fällt ab und das Thier umgiebt sich mit einem schleimigen Stoff, worin es fast bewegungslos bleibt; nach einiger Zeit ist aber

das Thier keine Cercaria mehr, sondern ein Eingeweidewurm, ein sog. Distoma, mit zwei Saugern und von sonst ganz abweichender Form. Dieses ist nur ein besonderer Zustand von Cercaria oder diese ist vielmehr die Larve von ersterem. Weitere Untersuchungen haben aber dargethan, daß hiermit der Wechsel der Generation noch nicht geschlossen ist; in den Eingeweiden der gemeinen Süßwasserschnecke (Cymnaeus) finden sich nemlich Würmer von verlängerter Form mit deutlichem Kopf und hinten mit zwei beinartigen Vorragungen, welche unter dem Mikroskop betrachtet in der Leibeshöhle mit einer Masse anderer kleiner Würmer erfüllt sind, die als Cercarienembryonen zu betrachten sind, an Größe zunehmen und den Wurm ausdehnen; der Wurm scheint demnach keine andere Bestimmung zu haben, als die Entwicklung der jungen Cercarien zu beschützen und zu befördern, die lebendige Hülle derselben zu bilden und wird deßhalb die Amme genannt. Nach Erreichung einer gewissen Größe verlassen die jungen Cercarien den Leib der Mutter, bewegen sich frei in der Bauchhöhle der Schnecke und entweichen endlich in's Wasser, um die vornherein geschilderten Umbildungen zu beginnen. Die Cercarienammen sind aber selbst nur die Abkömmlinge kleiner Würmer, welche sich zu gewissen Zeiten in den Eingeweiden der Muschelthiere finden und zwar den Cercarienammen ähnlich, aber mehr verlängert, schlanker und mit längerem Magen versehen sind und in dem hinteren Theil des Körpers kleine Embryonen enthalten, welches die Ammen von anderen Eingeweidewürmern sind; sie sind selbst als die Großammen zu betrachten. Sind diese die unmittelbaren Nachkommen von Distoma, so hat man eine Reihe von vier Nachkommenschaften und diese vier Nachkommenschaften nebst einer Metamorphose sind nothwendig, um ein vollkommenes Thier zu bilden.

§. 93. Eine noch größere Zahl von Generationen zeigen die Blattläuse (Aphides); ihre erste Generation, welche aus Eiern entsteht, verwandelt sich bald und erzeugt eine neue, diese eine dritte Nachkommenschaft u. s. f., so daß oft erst nach der achten oder neunten derselben im Herbste das vollkommene Thier als Männchen oder Weibchen erscheint, indem nun erst die Geschlechter getrennt und die Männchen mit Flügeln versehen sind; die Weibchen legen Eier, welche im folgenden Jahr ausschlüpfen, um denselben Generationswechsel zu wiederholen. Da nun jede Generation eine vollkommenere wird und da jedes Zwischenglied in der Reihe ein unvollständiges Thier ist, so kann jedes derselben als eine Amme für die nächste Generation betrachtet werden. Da sich zwischen den Larven der Blattläuse und den Arbeitern der Bienen und Ameisen gewisse Analogien finden, so hat man hierauf verschiedene Betrachtungen und Theorien begründet; so sagt man: „Das Ziel und Ende des Generationswechsels ist die Begünstigung der Entwicklung der Species zu ihrem vollkommenen Zustand. Bei den Pflanzenläusen und allen Ammen wird dieses Ziel ohne Bewußtsein durch den Körper der Amme erreicht; derselbe Zweck wird auch durch die Arbeiter der Bienen und Ameisen erlangt, aber nicht in einer unbewußten organischen Function, sondern durch eine nach außen gerichtete Thätigkeit, womit sie über die neue Generation wachen, sie nähren und schützen. Nicht mehr der Körper, sondern der Instinct der Amme ist die Bedingung ihrer Entwicklung". Dieses scheint durch die Thatsache bestätigt

zu werden, daß die Arbeitsbienen gleich den Pflanzenlausammen unfruchtbare Weibchen sind; die ihnen zugetheilten Eigenschaften scheinen bei beiden auf die Sorge für die Wohlfahrt der neuen Generation beschränkt zu sein, deren natürliche Wärter, aber nicht Eltern sie sind; die Aufgabe, Junge hervorzubringen, ist unter den Bienen der Königin, unter den Pflanzenläusen dem Weibchen der letzten jährlichen Generation zugewiesen und die sonst als Ungesetzmäßigkeit erscheinende Unfruchtbarkeit der Arbeitsbienen erhält eine natürliche Erklärung, wenn man sie als Ammen ansieht.

§. 94. Der Wechsel der Generationen bei den Medusen und Polypen zeigt ebenfalls sehr viel Besonderes. Die Medusen bringen lebendige Junge hervor, welche nach der Durchbrechung der Eihülle frei im mütterlichen Körper herumschwimmen, aber durchaus keine Aehnlichkeit mit der Mutter zeigen; denn sie bilden kleine walzenförmige Körper, welche mehr den Infusorien ähneln und wie diese mit Flimmerhaaren besetzt sind, mittels deren sie sich lebhaft im Wasser bewegen können; nach einigen Tagen setzt sich das junge Thier mit einem Ende irgendwo fest, erhält am entgegengesetzten Ende allmählig eine Vertiefung und durch allmählige Verlängerung der vier Ecken die Fühlarme, welche sich rasch vermehren, bis der ganze obere Rand damit bedeckt ist; nun erhält der Körper der Quere nach von oben in regelmäßigen Abständen Einschnürungen, die anfangs sehr schwach sind, später aber immer tiefer werden, und der Rand eines jeden Abschnittes ein sägeartiges Ansehen, dadurch aber das ganze Thier das Ansehen eines Kieferzapfens; die Einschnürungen gehen nun immer weiter, bis zuletzt nur noch eine dünne Achse zwischen den Abschnitten des Körpers übrig bleibt und dieser einem Stoß über einander geschichteter Näpfe ähnelt; nun beginnt die Trennung der einzelnen Abschnitte von oben nach unten herab und jeder derselben, mit Ausnahme des obersten, der nur zur Auffaugung der Nahrung für die übrigen gedient hat, setzt nun seine Verwandlungen für sich fort, bis er zu einer vollkommenen Meduse wird, während die Basis oder der Stiel des Zapfens zurückbleibt und eine neue Kolonie erzeugt. Unter den hydraartigen Polypen ist wegen der Eigenthümlichkeit des Generationswechsels besonders Campanularia zu erwähnen; dieser Polyp, welcher eine ästige Pflanzenform besitzt, enthält in jeder der kleinen becherförmigen Zellen an den Enden und den Achseln der Aeste ein kleines Thierchen. Die Zellen haben nicht alle dieselbe Organisation, denn die am Ende der Zweige und die zuerst erscheinenden sind mit langen, zur Ergreifung der Nahrung dienenden Fangarmen versehen, während die später in den Achseln erscheinenden keine Arme haben und Weibchen sind, in deren Inneren kleine kugelige, in der Mitte mit einem Fleck versehene Körper, die Eier, befindlich sind; es giebt aber auch noch eine dritte, von den beiden ersten verschiedene Form der becherförmigen Zellen, welche durch Knospung von dem weiblichen Polypen hervorgebracht, zu diesem in gewisser Beziehung steht und zur Aufnahme der Eier, nachdem diese einige Zeit im Weibchen geblieben, dient und wahrscheinlich die Bebrütung zu beendigen hat. Ist das junge Thier aus dem Ei geschieden, so hat es gar keine Aehnlichkeit mit dem erwachsenen Polyp, sondern ist wie bei den Medusen walzenförmig und mit zarten Flimmerhaaren bedeckt, setzt sich nach einiger Zeit in einer abgeplatteten Form fest, erhält in der Mitte eine

kleine Anschwellung, verlängert sich und bildet endlich einen Stiel, der sich verästelt und nun wieder einen vollkommenen Polypen mit den drei Knospenarten darstellt.

§. 95. Es geht aus den in den drei letzten Paragraphen angeführten Fällen hervor, daß der Generationswechsel nicht als eine Anomalie der Natur gelten kann. Er ist in allen wirbellosen Thierklassen wahrgenommen worden, jedoch bei den Wirbelthieren noch unbekannt und wohl auch nicht vorhanden, weßhalb man wohl annehmen darf, daß das individuelle Leben der unvollkommenen Thiere nicht Kraft genug besitze, um ununterbrochen durch alle Phasen der Entwicklungen hindurchzugehen, sondern, wie bei dem Generationswechsel oder bei der Metamorphose, diese erst nach einer Art zweiter, dritter u. s. w. Geburt vollenden könne. Man kann ferner manche Analogien zwischen Generationswechsel und Metamorphosen finden und sie als gleichlaufende Linien aufstellen, welche zu demselben Ziel, zur vollständigen Entwicklung der Thierart, führen und nicht selten, wie in dem §. 92 von der Cercaria angeführten Fall, sind beide bei einem Thiere zusammen zu finden. Jeder Generationswechsel und jede Metamorphose sind mit einem wesentlichen Fortschritt in der Entwicklungsstufe verbunden; sie unterscheiden sich aber wesentlich dadurch, daß z. B. bei der Metamorphose der Raupe in einen Schmetterling dasselbe Einzelwesen alle Phasen der Entwicklung durchmacht, während bei dem Generationswechsel das Einzelwesen verschwindet und einem neuen Wesen Platz macht, das weiter ausführt, was sein Vorgänger begonnen hat. Hieraus folgt nun, daß der gewöhnliche Gebrauch, den Charakter der Art aus den geschlechtlichen Individuen, aus dem Männchen und dem Weibchen, abzuleiten, nicht immer genügend ist, da es viele Thiere giebt, die in ihren Entwicklungsstufen durch verschiedene, ja mit verschiedenen Eigenschaften begabte Einzelwesen repräsentirt werden, wie die oben angeführten Fälle der Medusen, Polypen u. s. w. zeigen. Durch das Studium der Wechselerzeugung wird aber auch eines Theiles die Organisation der Thiere besser bekannt, anderen Theiles die Nomenclatur vereinfacht, da in Bezug auf letztere die unter besonderen Namen bezeichneten Entwicklungsphasen in dem Namen des vollkommenen Thieres aufgehen müssen, indem sie nur vorübergehende Zustände derselben Thierart ausdrücken. Ein anderes wichtiges Ergebniß der Beobachtung jener Fälle ist das, daß die Unterschiede zwischen Thieren, welche durch Generationswechsel erzeugt werden, um so geringer sind, je früher das Thier in seinen Entwicklungsphasen beobachtet wird; die oben erwähnte Meduse und Campanularia ähneln sich als junge Embryonen ungemein, während sie im ausgewachsenen Zustand vollkommen von einander verschieden sind, und diese Aehnlichkeit im Embryozustand zeigt sich auch bei den Larven gewisser Eingeweidewürmer.

§. 96. Die Thatsachen, die in vorhergehenden Paragraphen über die Entwicklung, Metamorphose und den Generationswechsel der niederen Thierarten angegeben worden sind, genügen, um die Unhaltbarkeit der alten Theorie der freiwilligen Erzeugung, Generatio spontanea s: aequivoca, darzuthun, eine Theorie, welche man aufgestellt hatte, um das Vorkommen von Würmern in den Körpern anderer Thiere, das plötzliche Erscheinen von unzählbaren kleinen Thieren in Gewässern oder unter anderen

geheimnißvollen Verhältnissen zu erklären. Es ist gezeigt worden, auf welche Weise die Cercaria in die Haut und in die Eingeweide der Weichthiere dringt; andere ähnliche Thiere finden sich in den unzugänglichsten Orten, z. B. in den Augen anderer Thiere, besonders in denen der Fische vor. Diese werden unter irgend einer Metamorphose in großen Massen sichtbar. Selbst die Entstehung der größeren Eingeweidewürmer ist aufgeklärt worden, wie man z. B. gefunden hat, daß die in einer Fischart des baltischen Meeres zu einer gewissen Zeit gefundene Bandwurmart dadurch in den Fisch gelangt, daß dieser Bandwurm zu einer gewissen Zeit einen großen Theil der langen Kette von Gliedern, woraus er besteht, verliert, daß jedes dieser Glieder mehrere hunderte Eier enthält, welche sich von ihrer Hülle befreit im Wasser vertheilen und daß nun solche lose Eier mit der Nahrung von den Fischen verschlungen werden und in dem Magen derselben die zu ihrer Ausbildung günstigen Verhältnisse finden, so die Art fortgepflanzt und so von einer Generation von Fischen zu der anderen übertragen wird. Auf diese oder ähnliche Weise schlingen aber alle Thiere zahllose Eier von Parasiten ein, welche unter günstigen Verhältnissen zur Entwicklung gelangen; jedoch mag jedes Thier besondere eigenthümliche Bedingungen zur Entwicklung besonderer Eingeweidewürmerarten enthalten. Auch von den Infusorien ist es bekannt, daß die Mehrzahl derselben Eier legen, die wegen ihrer ungemeinen Kleinheit sich überall im Wasser, in der Luft, im Wasserdunst und selbst im Schnee zerstreuen und dadurch in diesen Gegenständen Veranlassung zur Entwicklung derartiger Thiere geben. Es ist daher naturgemäßer, alle Infusorien als Erzeugnisse solcher Keime zu betrachten, als ihnen eine mit unserem Wissen über die organische Entwicklung unverträgliche freiwillige Erzeugung zuzuschreiben.

Die Metamorphosen der Thiere.

§. 97. Unter **Metamorphosen** oder **Verwandlungen der Thiere** versteht man alle diejenigen Veränderungen, welche der Körper der Thiere nach der Geburt erleidet und durch welche sie in verschiedenen Graden ihren Bau, ihre Form und selbst ihre Lebensweise wechseln. Derartige Veränderungen zeigen aber nicht einzelne Thierklassen, sondern kommen bei allen Thieren ohne Ausnahme vor. Während bei der Metamorphose der Pflanzen nur die Zufügung neuer Theile, der Blätter, Aeste, Wurzeln u. s. w., stattfindet, wird bei der Metamorphose der thierische Körper so umgewandelt, daß alle vorhandenen Theile zur Bildung des neuen Körpers beitragen; die Puppe wird ein Schmetterling, der pflanzenfressende Kaulquappe verliert seine dem Wasser zuträglichen Organe, die Kiemen und den Schwanz, und wird ein fleischfressender Frosch mit einem dieser veränderten Nahrungsweise entsprechenden Magen, mit Lungen und Füßen zum Athmen in der Luft und zur Fortbewegung auf dem Land. Die Natur, die Dauer und die Wichtigkeit der Metamorphosen, so wie der Zeitraum, wo sie stattfinden, sind sehr verschieden. Die auffallendsten Metamorphosen zeigen sich aber in den Insecten, da hier nicht bloß eine Veränderung des Aussehens und der Form oder der Besitz eines Organes mehr oder weniger stattfindet, sondern die ganze Organisation einen Wechsel erleidet; das Thier tritt in neue Beziehung zur Außenwelt und erlangt

neue Instincte, denn es hat zuvor in Wasser gelebt und durch Kiemen geathmet und lebt jetzt auf dem Land, ist mit Luftröhren versehen und athmet Luft, es meidet Gegenstände, die es zuvor gesucht hat, und es wird durch seine neuen Instincte bestimmt, Verhältnisse aufzusuchen, die in der früheren Periode verderblich gewesen sein würden. In nachfolgenden Paragraphen sind aus verschiedenen Thiergruppen Beispiele über die Natur, Dauer, Wichtigkeit und Zeit der thierischen Metamorphosen gegeben.

§. 98. Die Verwandlungen der Seidenraupe sind außer ihrer morphologischen Wichtigkeit von großem technischem Interesse. Sobald das Räupchen das Ei verlassen hat, wächst es 20 Tage hindurch mit großer Schnelligkeit, hört aber dann auf zu fressen, spinnt sich seinen seidenen Coccon, streift die Haut ab und bleibt im Coccon. Während dieser Zeit zeigen sich die auffallendsten Metamorphosen an dem Thier; die Kinnladen, welche zum Kauen der Maulbeerblätter dienten, werden in eine Spiralröhre verwandelt, die Spinnorgane verschwinden, der Schlund wird länger und schlanker und der zuvor beinahe die ganze Länge des Körpers besitzende Magen in einen runden Beutel zusammengezogen, während die Gedärme lang und gewunden werden und eine Strecke derselben enger ist als der Rest; ferner verkürzt sich das Rückengefäß, die Nervenknoten in der Nähe des Kopfes nähern und vereinigen sich zu einer Masse in der Brust, an dem Kopf treten Fühler und Taster hervor und die einfachen Augen gehen in zusammengesetzte über; nun sammeln sich auch die Muskeln, welche zuvor gleichmäßig vertheilt waren, in Massen, die Beine verlängern sich und Flügel wachsen aus der Brust. Jetzt treten lebhaftere Bewegungen in den Verdauungsorganen auf, das Thier sprengt endlich seine Hülle und fliegt davon.

§. 99. Die Mannichfaltigkeit der Formen bei den verschiedenen Metamorphosen der Insecten zeigt sich besonders bei Geometra vernalis; dieser den Obstbäumen so nachtheilige Spanner legt seine Eier an die Spitzen der kleinen Zweige des Apfelbaums, der Ulme und mehrerer anderer Bäume; sie entwickeln sich zu der Zeit, wo sich das zarte Laub dieser Bäume zu entfalten beginnt, und die ausgekrochene Raupe lebt von demselben etwa vier Wochen lang, wo sie ihre volle Größe (nahe 1 Zoll Länge) erreicht hat; sie geht nun auf den Boden herab, begiebt sich (4—5 Zoll tief) in die Erde, höhlt sich eine Art Zelle und verwandelt sich bald in eine Puppe; zur gewöhnlichen Zeit im Frühjahr sprengt diese ihre Hülle und das Thier erscheint im vollkommenen Zustand als Motte, bei welcher Art jedoch nur das Männchen mit Flügeln versehen ist; bald paart sich dieses mit dem Weibchen, welches dann am Stamme in die Höhe kriecht, seine Eier legt und stirbt.

§. 100. Die Kruster und unter diesen besonders die aus der Familie der Cirripeden, namentlich die Entenmuscheln (Balanidae), zeigen ebenfalls sehr merkwürdige Verwandlungen. Unter den Entenmuscheln, welche früher zu den Mollusken gezählt wurden, zeigt nun Anatifa ein auffallendes Bild dieser Verwandlungen; sie entsteht aus Eiern in Form kleiner Thierchen, welche nicht die geringste Aehnlichkeit mit den Eltern besitzen, denn sie haben eine längliche Form, ein Paar Fühler und sechs Beine, womit sie frei im Wasser umherschwimmen; nach kurzer freier Bewegung bedeckt sich das Thierchen mit einer durchscheinenden Schale, durch welche die Umrisse

des Körpers und ein sehr deutliches Auge leicht erkennbar sind, befestigt sich mit den Fühlern irgend wo, ergänzt nun die Schale, wirft seine Haut ab und verliert damit sein Auge und seine Fühler, wogegen das Innere der Schale mit einer dicken Haut überzogen wird, welche hervortritt und einen Stiel bildet, womit sich das Thier an Seekörper befestigt; dieser Stiel nimmt allmählig zu und das Thier erlangt bald seine bestimmte Form.

§. 101. Unter den Strahlenthieren sind es besonders die Seesterne, welche verschiedene Metamorphosen zeigen. So findet sich in den Eiern von Echinaster sanguinolentus, bei Betrachtung unter dem Mikroskop, in jedem derselben ein kleiner birnförmiger Körper, der Embryo, welcher von einer durchscheinenden Hülle umgeben ist; beim Austritt aus dem Ei zeigt das kleine Thier eine längliche Form mit einer Einschnürung an seiner Basis, welche Einschnürung immer mehr zunimmt, so daß ein Stiel entsteht, der sich bald in drei Lappen theilt; die Scheibe nimmt eine fünfeckige Form an und innerhalb des Fünfeckes zeigen sich fünf Doppelreihen von Bläschen, welche die ersten Andeutungen der Strahlen sind; zugleich schnürt sich der Stiel noch mehr ein und wird endlich ganz in die Körperhöhle zurückgesogen, worauf das Thier bald zu seiner bestimmten Form gelangt. Bei Comatula zeigen sich ähnliche Metamorphosen; sie ist anfangs mittels eines Stieles am Boden befestigt, von welchem sie sich zu einer gewissen Zeit ablöst und das Thier schwimmt nun frei im Meer herum. Bei den Polypen hingegen scheint der entgegengesetzte Fall statt zu finden, da sie erst frei im Meer herumschwimmen und dann einen festen Standpunkt auswählen.

§. 102. Bei den Mollusken zeigen sich zwar weniger auffallende, aber doch bemerkenswerthe Metamorphosen. Die Auster, Mya und die meisten übrigen Schalthiere sind im jungen Zustand frei, während andere, welche anfangs an den Kiemen der Mutter befestigt oder aufgehängt sind, wie z. B. Unio, erst später frei werden; einige nackte Gasteropoden, wie Actaeon und Eolis, werden mit Schale geboren, die sie aber bald nach dem Verlassen der Eier verlieren.

§. 103. Haben schon die Beobachtungen der Metamorphosen der niederen Thiere eine große Wichtigkeit, um die wesentlichen, wenn auch anscheinend sehr unbedeutenden Verwandtschaftsbeziehungen der Thiere zu verstehen, so gewinnen diese Beobachtungen eine noch viel größere Wichtigkeit in Bezug auf die Klassification der Wirbelthiere, wofür der Stör und die Forelle die auffallendsten Beispiele geben. Letztere, die Forelle, hat, wie bereits §. 83 eines Weiteren erörtert worden, im jungen Zustand nach dem Auftreten im Ei einen knorpeligen Wirbel, ein quer stehendes Maul und einen ungetheilten Schwanz, ist überhaupt einem Stör sehr ähnlich. Diese Aehnlichkeit ist aber nur vorübergehend, denn der Wirbel der Forelle verknöchert bald, das Maul erhält eine andere Stellung und der Schwanz theilt sich gleich gabelig, während der Stör in seiner vollkommenen Entwicklung außer den Dornansätzen nichts Knöchernes in der Wirbelsäule hat, das Maul quer und unterhalb des Kopfes befindlich ist und einen ungleichgabeligen Schwanz besitzt. Hieraus geht hervor, daß die Forelle auf einem höheren Grad der Entwicklung steht als der Stör. Dieser höhere oder geringere Grad der Entwicklung zeigt sich am auffallendsten

bei der Vergleichung der vollkommensten Fische, wie z. B. der Salm, der Kabliau u. s. w. sind, mit denjenigen wurmähnlichen Formen der Fische, die man früherhin auch zu den Würmern rechnete; so ist der Amphioxus, ein etwa 1 ½ Zoll langes Geschöpf, nicht allein ohne knöchernes Skelett, sondern sogar auch ohne eigentlichen Kopf, und nur dadurch, daß er einen von dem einen Ende des Körpers bis zu dem anderen gehenden Rückenstrang besitzt, wird dargethan, daß er die Grundbildung der Wirbelthiere hat; da sich aber dieser Bau nur in der frühesten Entwicklungsperiode bei den Wirbelthieren findet, so kann man daraus mit Recht schließen, daß der Amphioxus die tiefste Stufe in dieser Thierklasse einnimmt. Aber allein die Metamorphosen, welche nach der Geburt der Thiere sich zeigen als Maßstab zur Beurtheilung der Vollkommenheit eines Thieres aufzustellen, ist falsch, da, wie bereits in den über Embryologie handelnden §§. 81—87 gezeigt worden ist, es eine große Zahl von Thieren giebt, welche vor ihrer Geburt auf einander folgende Reihen von Umwandlungen bereits durchgemacht haben, und zwar Umwandlungen, welche wirkliche Metamorphosen und in jedem Betracht denen ähnlich sind, welche nach der Geburt stattfinden; diese Aehnlichkeit ist besonders auffallend, wenn man die Umwandlungen des Embryo's kurz vor der Geburt mit den Metamorphosen der jungen Thiere gleich nach der Geburt vergleicht, wobei sich ergiebt, daß letztere nur Fortsetzungen der ersteren sind und daß alle Thiere ohne Ausnahme Metamorphosen unterliegen. Durch diese Vergleichungen der Metamorphosen vor und nach der Geburt erlangt man erst die Mittel, die Vollkommenheitsstufe eines Thieres festzustellen und sie werden die natürlichen Schlüssel zu den Stufen des Thierreiches. Sind diese Betrachtungen schon von großer Wichtigkeit in Bezug auf die Klassification, so sind sie es nicht weniger für das Studium der fossilen Fische und sie geben auch hier dem Forscher die Mittel, nicht allein aus den Versteinerungen die höhere oder niedere Entwicklungsstufe des vorweltlichen Fisches, sondern auch das Alter der die Fischversteinerungen enthaltenden Erdschicht zu bestimmen, da sich fast mit Gewißheit schließen läßt, daß die Entwicklung der Fische um so tiefer stand, je früheren Perioden der Erdentwicklung sie angehörten, was dadurch bewiesen wird, daß die in den ältesten Erdschichten aufgefundenen fossilen Fischüberreste gewöhnlich nur die Dornenabsätze ihrer Wirbel sind, wogegen die in den jüngeren Erdschichten knöcherne Wirbel zeigen. Aehnliche Betrachtungen lassen sich auf die fossilen Kruster und Stachelhäuter anwenden und werden sich wohl später in allen Klassen des Thierreiches bestätigen.

Der Verstand und Instinct.

§. 104. In dem thierischen Körper giebt es außer den stofflichen Theilen noch ein nichtstoffliches höheres Princip, welches zwar nicht wahrnehmbar, aber nichts destoweniger doch vorhanden ist und bei der Betrachtung der Lebenserscheinungen beständig in Thätigkeit gesetzt werden muß. Obgleich dieses Princip gänzlich von dem thierischen Körper verschieden ist, so entsteht und entwickelt es sich mit diesem; seine Erforschung ist die höchste Aufgabe der Philosophie. Dieses Princip bewirkt:

1) Die Fähigkeit der Wahrnehmung, durch welche einzig und allein die Aufnahme von Empfindungen durch die Sinnesorgane, welche ohne diese Fähigkeit nutzlos sein würden, ermöglicht wird, und allen Thieren für alle oder einzelne Sinnesorgane eigen ist;

2) die Fähigkeit der Erinnerung oder das Gedächtnißvermögen, d. h. sich früheren Eindrücken auf Sinnesorgane zu erinnern, eine Fähigkeit, welche den höheren Thieren eigen ist;

3) die Fähigkeit des Urtheils, d. h. das Vermögen aus Erinnerungen an Empfindungen von Vorgängen oder einer Widerwärtigkeit, die statt gehabt haben, die Gegenstände, welche solche verursacht haben, zu suchen oder zu meiden, eine Fähigkeit, die nur manche Thiere besitzen, und

4) die Fähigkeit der Folgerung oder der Schlußbildung, d. h. das Vermögen, Empfindungen und Urtheile zu vergleichen und Schlüsse zu bilden, eine Fähigkeit, die nur wenigen Thierarten eigen ist.

§. 105. Die Gesammtheit dieser Fähigkeiten bildet den Verstand, welches höhere Princip ein Ausfluß der göttlichen Natur ist und sich in dem Menschen in seinem ganzen Glanz gestaltet, denn „Gott hauchte ihm den Lebenshauch ein und der Mensch erhielt eine lebendige Seele". Er allein in der Thierwelt hat das Vorrecht, sein Benehmen nach Vernunftschlüssen einzurichten und hat nicht allein das Vermögen, sich ein Urtheil über Gegenstände seiner Umgebung zu bilden und die mannichfaltigen Beziehungen zwischen ihm selbst und der Außenwelt zu begreifen, sondern auch seinen Verstand auf unkörperliche Dinge zu lenken, die Operationen seines eigenen Verstandes zu beobachten, durch die Zerlegung seiner Fähigkeiten zum Bewußtsein seiner eigenen Natur zu gelangen, das Dasein eines unendlichen Geistes, „des Schöpfers aller Dinge, die da sind und sein werden" zu erkennen, ohne jedoch denselben zu begreifen, und seine Empfindungen, Erinnerungen, Beurtheilungen und Folgerungen durch die Sprache auszudrücken und sie dadurch anderen Menschen mitzutheilen. Der Mensch ist geistig frei, d. h. er kann seine Geisteskräfte den verschiedensten Verhältnissen unterordnen, und diese geistige Freiheit ist die ganze Größe des Menschen und das Princip seiner Entwicklung; nur in den ersten Jahren ist er ganz abhängig von der Außenwelt, unmündig, und handelt wie das Thier instinctmäßig.

§. 106. Die übrigen Thiere können nicht zu Begriffen dieser Art gelangen und betrachten bloß die Gegenstände, welche unmittelbar ihre Sinne berühren, ohne irgend eine zusammenhängende Bestrebung des Denkvermögens auf sie zu richten; ihr Betragen wird durch eine andere Kraft von untergeordnetem Rang, welche jedoch ebenfalls von dem unkörperlichen Princip abzuleiten ist, nemlich durch den Instinct geregelt und unter der Leitung desselben vermögen sie ohne Unterricht gewisse Verrichtungen in der unabänderlich zweckmäßigsten Weise auszuführen. Während der Mensch nur durch eigene Erfahrung oder durch Mittheilung seiner Mitmenschen erlernt, was ihm nützlich oder schädlich, zweckmäßig oder zweckwidrig ist, weiß das Thier seine Nahrung zu wählen und seinen zuträglichsten Aufenthaltsort zu wählen oder denselben aus den zweckmäßigsten Materialien zum Schutz für sich und seine Nachkommen zu bauen und diese selbst mit den geeigneten Nahrungsmitteln zu ernähren, ohne die verschiedenen Auf-

gaben erst zu studiren und, allem Anschein nach, ohne Bewußtsein der Nützlichkeit, nur durch einen blinden Trieb dazu veranlaßt. Nur in einigen Fällen, die sich aber besonders auf die Erhaltung des Einzelwesens oder auf die Erhaltung der Art beziehen, scheint ein höherer Trieb in den Thieren obzuwalten, wie z. B. bei dem Eichhörnchen, dem Hamster, bei einigen Vögeln und Insecten, indem sich das erstere Vorräthe von Nüssen und Ahornsamen im Herbst einsammelt und in hohle Bäume niederlegt, der Hamster neben seiner unterirdischen Wohnung Kammern zur Anspeicherung von Vorrath anlegt, beide um im Winter davon zehren zu können, manche Vögel sehr künstliche Nester bauen, um die Jungen theils in einer behaglichen Wohnung zu beherbergen, theils gegen natürliche Feinde zu schützen, und unter den Insecten die Bienen und Wespen nicht allein Zellen für jedes ihrer Eier bauen, sondern auch in jede derselben vor dem Verschließen noch etwas bringen, was sich zur Nahrung der künftigen Jungen eignet. Ebenfalls ein höherer Trieb scheint in den Thieren zu walten, welche sich zu gewissen Jahreszeiten in großen Schaaren zusammengesellen, um, wie die Schwalben oder Wandertauben, aus einer Weltgegend in die andere zu ziehen, oder zusammenwohnen, um mit einander zu arbeiten, wie die Ameisen und Bienen, bei welchen letzteren sogar die Art der Arbeit für jedes Glied der Gesellschaft durch den Instinct im Voraus festgesetzt ist, indem einige bloß Honig und Wachs einsammeln, andere die Sorge für die Aufziehung der Jungen haben und noch andere die natürlichen Häupter der Kolonie sind. Gewisse Thiere werden durch ihren Instinct veranlaßt, als Räuber von den Früchten der Arbeit anderer Thiere zu leben, wie z. B. die Raubmöve andere bereits auf dem Fang gewesene Möven verfolgt, bis diese durch die Verfolgung beängstigt die im Kropf befindlichen Fische ausspeien, welche nun von ersterer noch in der Luft aufgefangen werden, manche Ameisen andere minder starke Arten bekriegen, um deren Junge zu entführen und sie in ihren eigenen Nestern zur Arbeit zu nöthigen, die Raubbiene in die Wohnungen der Zuchtbienen eindringen, um sie zu tödten und ihrer gesammelten Nahrung zu berauben u. s. w.

§. 107. Zwischen dem Grad von Intelligenz, welchen ein Thier besitzt, und der Masse seines Gehirnes besteht ein genaues Verhältniß; das Gehirn des Menschen ist das umfänglichste von allen und bei den übrigen Thieren zeigt sich in dieser Beziehung jeder Grad von Abstufung; im Allgemeinen ist auch ein Thier um so verständiger, je ähnlicher sein Gehirn dem des Menschen ist. Dagegen läßt sich keine so innige Beziehung zwischen Instinct und Nervensystem aufstellen, da Thiere, welche einen auffallend entwickelten Instinct besitzen, wie die Ameisen und Bienen, zu einer Abtheilung des Thierreiches gehören, wo das Nervensystem bloß aus Nervenknoten ohne eigentliches Gehirn besteht, also viel weniger entwickelt ist, als bei den Wirbelthieren. Ebenso besteht ein gewisser Gegensatz zwischen Instinct und Verstand, indem jener um so mehr an Stärke und eigenthümlichen Charakter verliert, je mehr der Verstand entwickelt wird, wofür der Mensch in seiner ersten Jugend spricht, wo das Instinctmäßige, wie das Saugen an der Mutterbrust, vorherrschend ist, später aber mit der Entwicklung des Gehirnes der Instinct zurücktritt und die Verstandeskräfte sich immer mehr und mehr äußern.

Besonderer Theil.

Das System und geschichtlicher Ueberblick der Zoologie.

§. 108. Wie in den übrigen Theilen der Naturbeschreibung, in der Mineralogie und Botanik, so hat sich auch in der Zoologie bald nach ihrem Eintritt in die Reihe der Wissenschaften das Bedürfniß herausgestellt, die ihr zugehörigen Naturkörper nach einem gemeinschaftlichen Plan, nach einem System anzuordnen und sie nach kleineren und größeren Gruppen zusammenzustellen. Wie man nun in der Mineralogie und Botanik (vergl. Bd. 2 2. Abth. 1. Sect. S. 19 und 2. Sect. S. 143 ff.) zweierlei Arten von Systemen aufgestellt hat, nemlich ein künstliches System, nach welchem die Naturkörper nach einzelnen, mehr oder wenig zufällig herausgegriffenen Merkmalen und Eigenschaften aneinander gereihet werden, und ein natürliches System, nach welchem die Naturkörper nach ihren Verwandtschaften zu ordnen und nach gemeinschaftlichen Merkmalen in kleinere und größere Gruppen zusammenzustellen und zu benennen sind, so hat man in der zoologischen Naturbeschreibung künstliche und natürliche Systeme aufgestellt. Da sich nun aber alle künstlichen Systeme so eng wie möglich dem Plan, der in der Schöpfung waltete, also dem natürlichen System anschließen wollen, so ist die Kenntniß des natürlichen Systems wie bei den übrigen Theilen der Naturbeschreibung auch in der Zoologie das Endziel der Wissenschaft. Diese Kenntniß verlangt, wie im Allgemeinen bei allen Naturkörpern, so auch hier in Betreff der lebenden Wesen die Berücksichtigung und gegenseitige Abwägung aller auf den thierischen Körper sich beziehenden Verhältnisse, der äußeren Gestalt, des inneren Baues und der Entwicklungsgeschichte. Man wird aber in der Zoologie wie in der Botanik nie das künstliche System entbehren können, um sich leicht und bald mittels eines mehr oder minder einseitigen Schemas in die Mannichfaltigkeit der thierischen Gestalten zurecht zu finden.

§. 109. Zum Verständniß dieses Grundrisses als Einzelwerk ist es nöthig, hier nochmals auf die bereits in der Botanik erörterten Begriffe von Art, Gattung u. s. w. mit besonderem Bezug auf die Zoologie zurückzugehen.

Art, Species, ist der niedrigste und sicherste Begriff, welcher bei der systematischen Eintheilung zu Grunde liegt, und die unmittelbarste Abstraction, welche der Natur zu entnehmen ist. Es werden zu einer Art alle die Individuen gerechnet, die in allen wesentlichen äußeren und inneren Merkmalen übereinstimmen und sich fruchtbar fortpflanzen oder, wenn sie einander unähnlich sind, in cyclischer Entwicklung auf einander folgender Generationen (durch Generationswechsel) einander ähnlich werden. Die Veränderungen, welche innerhalb der Art vorkommen und sich in bestimmter Weise von Individuen zu Individuen forterben können, geben Veranlassung zu den Spielarten, Abarten oder Raçen; nie geht jedoch die Raçebildung so weit, daß die Raçen sich nicht untereinander begatten und

begattungsfähige Junge erzeugen könnten, aber bei fortgesetzter Kreuzung gehen die Raçeeigenthümlichkeiten verloren. Durch die, jedoch nur ausnahmsweise und unter unnatürlichen Verhältnissen vor sich gehende Begattung von Individuen verschiedener Art entstehen die Bastarde, welche in der Regel sich nicht fruchtbar fortpflanzen und nie dem Bestehen der reinen Art schädlich werden.

Gattung, Genus, ist ein weiterer, dem der Art untergeordneter Begriff; Arten, die in wesentlichen Merkmalen übereinstimmen, bilden eine Gattung. Es müssen sich daher in jeder einzelnen Art die Gattungskennzeichen finden lassen und das Auseinandertreten der Arten beruht auf den Modificationen und Variationen dieser Kennzeichen. Eine Art, die in allen wesentlichen Merkmalen von den benachbarten Arten abweicht, kann eine Gattung bilden. Der Gattungsbegriff ist jedoch ein sehr schwankender, da es der Willkür des Forschers überlassen ist, eine Zahl nahe verwandter Arten in eine oder mehrere Gattungen zu vertheilen, weßhalb man sich auch der Vertheilung der Arten in Untergattungen, Subgenus, bedient. Bei der Bezeichnung der Thierarten wird wie bei der der Pflanzenarten der (lateinische oder griechische) Gattungsname, welcher ein Hauptwort sein muß, voran und der Artname, der auch Adjectivum sein kann, hinterher gesetzt.

Die Gattungen treten wieder zu Familien zusammen, deren höhere Einheiten die Kreise, Unterordnungen, Ordnungen und Klassen sind, welche letztere, je nachdem ihnen ein gemeinsamer Bauplan oder Typus zu Grunde liegt, nochmals zu größeren Abtheilungen zusammentreten.

§. 110. Schon aus den hinterlassenen Werken des Aristoteles, der durch die königliche Unterstützung Alexanders des Großen in den Stand gesetzt war, eine große Anzahl von Thieren kennen zu lernen und die erste umfassende und erfolgreiche Bearbeitung der Zoologie geliefert und in dieser schon auf die Entwicklungsgeschichte, auf die Physiologie und auf die Vergleichung des Baues der verschiedenen Thiere hingewiesen hat, läßt sich leicht eine Eintheilung des Thierreiches herausfinden, obgleich Aristoteles selbst nirgends eine übersichtliche Darstellung des Systems giebt. Die Hauptgruppen mit ihren Unterabtheilungen sind:

A. Blutführende Thiere.	B. Blutlose Thiere.
1. Vierfüßer.	1. Quallen, schalenlose Mollusken.
a. Säugethiere.	
b. Amphibien.	2. Crustaceen.
2. Vögel.	3. Schalthiere.
3. Fische.	4. Insecten.

Obgleich die Römer in Folge des gesteigerten Luxus mit dem größten Aufwand die seltensten Thiere zu ihren Schaustellungen und Spielen herbeischafften, worüber Plinius der Zweite berichtet, so hat doch dieser in seiner Historia naturalis die Eintheilung des Thierreiches auf ein sehr unwesentliches Moment, auf den Aufenthaltsort, basirt und er behandelt im 7. Buch den Menschen, im 8. die Landthiere, im 9. die Wasserthiere, im 10. die fliegenden Thiere und im 11. die Insecten, welche letztere theils den Landthieren, theils den fliegenden Thieren gleichen. Galen, im zweiten Jahrh. n. Chr. G., ist der eigentliche Begründer der Anatomie und

verwandte bei der damaligen Scheu und Achtung vor dem menschlichen Leichnam zur Zergliederung Thiere, namentlich Affen. In den folgenden Jahrhunderten des Aberglaubens und der Herrschaft ungebildeter Geistlichen fand die Zoologie in Europa keine Beförderung und erst im siebenten Jahrhundert hat der Bischoff Isidor von Sevilla in dem 12ten Buch seiner Geschichte der christlichen Dogmen und Päpste die ihm bekannten Thiere im Allgemeinen nach dem System von Plinius beschrieben, was auch im 13ten Jahrhundert durch Albertus Magnus geschah. Was in der Zwischenzeit über Thiere geschrieben wurde, trägt das Gepräge des Mystischen; man sympathisirte mit der geheimnißvoll erscheinenden Natur und wie von dem geheimen Sinn der Zahlen sprach man auch von den geheimen Kräften der Steine, Pflanzen und Thiere, für welche das alte und neue Testament als Norm galt und denen eine Menge fabelhafter Wesen angereihet wurde.

§. 111. Nach der Erfindung der Buchdruckerkunst, durch welche die Mittheilung und Aufbewahrung der Kenntnisse erleichtert wurde, der bald darauf folgenden Entdeckung des Seeweges nach Indien und Amerikas, wodurch das zoologische Material sich überwältigend häufte und in Folge der Entfesselung des menschlichen Geistes durch die Errichtung von Universitäten und das Auftreten der Reformation besonders bekam die Zoologie einen neuen wissenschaftlichen Anstrich und Aufschwung; während zugleich allmählig das Vorurtheil gegen Leichenöffnungen schwand und die Forscher der damaligen Zeit sich wieder Aristoteles zum Muster nahmen, fand die Zoologie in der Ausbildung der Anatomie ihre Hauptstütze. Unter den Männern dieser Periode sind besonders zu nennen: Konrad Geßner (+ 1565), welcher ein in lexicalischer Form abgefaßtes Werk voll von Beobachtungen und mit ganz erträglichen Abbildungen hinterlassen hat; Wotton, ein Engländer (+ 1555), welcher in seinem Buch »de differentiis animalium« als genauer Beobachter und scharfer Denker auftritt und dabei nicht nur das Aristoteles'sche System benutzte, sondern auch dasselbe stellenweise berichtigte und erweiterte; Ulysses Aldrovandi, ein Italiener (+ 1605), an Wotton sich haltend, besaß bei einer ungemeinen Belesenheit ein glückliches Urtheil bei der Vertheilung der Thiere; Vesalius, Eustachius und Fallopia wirkten in diesem Jahrhundert besonders für die Anatomie des Menschen. Als zoologische Schriftsteller des 17ten bis zur Mitte des 18ten Jahrhundertes sind zu nennen: Lister, Rumpf, Petiver, Sybilla Merian, Willughby, Ray und J. Th. Klein; Willughby und Ray haben besonders über Vögel und Fische, so wie über Insecten geschrieben und Letzterer war es, der mit Aussonderung des in's Unglaubliche angewachsenen philologischen, mythologischen und anderen Beiwerkes das bis dahin blind befolgte Aristoteles'sche System erschütterte, indem er zugleich den Begriff von Blut berichtigte und darauf hinwies, daß zwischen eilegenden und lebendig gebährenden Thieren kein so bedeutender Unterschied sei, als man bis dahin annahm. Harvey stellte schon im 17ten Jahrhundert die Lehre vom Kreislauf des Blutes auf und Malpighi, Leeuwenhöck und Swammerdam erwarben sich durch Benutzung des damals erfundenen Mikroskopes außerordentliche Verdienste um die menschliche und vergleichende Anatomie. Der

schon oben genannte Klein († 1759) ist als der letzte Zoologe dieser Periode zu betrachten; er hat nicht nur über fast alle einzelne Klassen und Ordnungen des Thierreiches besondere Werke abgefaßt, sondern auch folgendes System aufgestellt:

Animalia pedata.	Animalia apoda.
1) quadrupeda pilata; Säugethiere.	1) reptilia. a) nuda; Regenwürmer, Nacktschnecken u. s. w.
2) quadrupeda depilata; Schildkröten, Eidechsen, Frösche.	b) membranacea; Schlangen. c) testacea; Muscheln, Seeigel.
3) bipeda; Vögel.	2) pinnata s. pisces. a) cetacei und b) bronchiales.
4) multipeda; Spinnen, Krebse, Insecten.	3) radiata. a) stellae, b) sepiae u. c) polypi. 4) anomala Holothurie, Seefeder, Qualle u. s. w.

Da dieses System auf die Zahl der Füße, Zehen und ähnlicher Organe begründet ist, so ist es ein künstliches, aber auch höchst einseitiges, wurde jedoch von Klein mit der strengsten Consequenz durchgeführt und gegen das zu Ende seiner wissenschaftlichen Thätigkeit aufkommende System von Linné auf das heftigste vertheidigt.

§. 112. Mit Linné, den wir bereits als den Begründer der neuen Botanik kennen gelernt haben (vergl. Bd. 2. Abth. 2. Sect 2. §. 24 ff.), trat auch eine neue Periode der systematischen Zoologie ein, wie er überhaupt als Gründer der heutigen Zoologie zu betrachten ist. Die Ausbesserung des Aristoteles'schen System begann er damit, daß er die blutlosen Thiere dieses Systems weißblütige Thiere nannte, die vier Klassen derselben in zwei zusammenzog und, wie bereits Wotton gethan hat, die Insecten über die Mollusken, welche den Würmern untergeordnet sind, stellte. Sein letztes Thiersystem machte er 1783 bekannt und ist folgendes:

Herz zweikammerig und zweiöhrig; Blut roth und warm.

1) Lebende Junge gebährend;	Säugethiere;	Mammalia.
2) Eier legend;	Vögel;	Aves.

Herz einkammerig und einöhrig; Blut roth und kalt.

3) Durch Lungen athmend;	Amphibien;	Amphibia.
4) Durch Kiemen athmend;	Fische;	Pisces.

Herz einkammerig und einöhrig; Blut weiß und kalt.

5) Fühler gegliedert (Fühlhörner);	Insekten;	Insectae.
6) Fühler ungegliedert (Fühlfäden);	Würmer;	Vermes.

Da Linné nicht Zootom war, so werden die groben anatomischen Fehler leicht erklärlich und in diesen liegt auch der Grund, weßhalb er so weit von einer natürlichen Klassification, die er selbst als das Ziel der Wissen-

schaft, wie bei der botanischen, so auch bei der zoologischen Systematik betrachtete, entfernt blieb. Aber die Erfindung und vollendete Durchführung einer wissenschaftlichen und bequem zu handhabenden Sprache und Terminologie, die Einführung bestimmter Begriffe von Art, Abart, Gattung, Ordnung und Klasse und die vortreffliche Wahl der Namen bleiben unabänderliche Verdieste Linnés und entrücken die Methode der Naturbeschreibung der Willkür des Einzelnen. Gleichzeitig mit diesem großen Forscher wirkte B. de Buffon, ein Feind aller Systematik, der die bis dahin bekannten Thiere mit großem rednerischen Aufwand zu beschreiben begann, aber durch den Tod verhindert wurde, das große Werk zu vollenden, welches nun von Montbeillard (die Vögel), Lacépède (Amphibien und Fische) und Daubenton (Anatomie) beendigt wurde. Die meisten Schüler und Anhänger Linnés trifft derselbe Vorwurf, wie ihn, nämlich der Mangel anatomischer Einsicht.

§. 113. Durch Georg Cuvier (geb. 1769, gest. 1832) wurde die jetzige Periode der Wissenschaft begründet und die beschreibende Zoologie und die vergleichende Anatomie zu einer untrennbaren Wissenschaft verbunden. Als strenger Empiriker war er ein Feind jeglicher nicht an die Erfahrung sich haltender Speculation und kam deßhalb mit seinen Collegen Geoffroi St. Hilaire, dem Hauptvertreter der naturphilosophischen Richtung in Frankreich, zuletzt in einen offenen Principienkampf. Cuvier und mit ihm Lamarck schieden zuerst das Thierreich in die beiden großen Abtheilungen der Wirbelthiere und wirbellosen Thiere; später gab Cuvier der Linné'schen Klasse der Würmer eine gänzliche Umgestaltung und, während er die vier Klassen der Wirbelthiere beibehielt, ließ er auf diese die Mollusken, dann die Insecten folgen und endigte mit den Zoophyten. Von dieser Grundlage ausgehend, bearbeiteten verschiedene Zoologen die wirbellosen Thiere, wie namentlich Lamarck in seinem »Système des animaux sans vertèbres«, woraus sich später die klassische »Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. 8. VII. Tom. Paris 1815—1822« entwickelte. Cuvier beschäftigte sich inzwischen mit monographischen Arbeiten über fast alle größeren und kleineren Gruppen des Thierreiches, schuf im großartigsten Maßstab die Paläontologie und legte in seinem für alle Zeiten Epoche machenden Werk »Le règne animale, distribué d'après son organisation. Paris 1817« nicht allein das Resultat seiner Vergleichung der untergegangenen Thierwelt mit der Gegenwart und des regsten Zusammenhanges, in welchem er die Zoologie mit der vergleichenden Anatomie gesetzt hat, nieder, sondern brachte auch den Begriff der verschiedenen thierischen Typen oder Grundformen zum vollen Bewußtsein. Die Klasseneintheilung ist in der zweiten 1829 — 1830 erschienenen Ausgabe jenes Werkes folgende.

I. *Animaux vertebrés, Animalia vertebrata.* Wirbelthiere.

1) Mammifères.	Mammalia.	Säugethiere.
2) Oiseaux.	Aves.	Vögel.
3) Reptiles.	Reptilia.	Reptilien.
4) Poissons.	Pisces.	Fische.

II. *Mollusques.*	*Animalia mollusca.*	Weichthiere.
5) Céphalopodes.	Cephalopoda.	Kopffüßer.
6) Ptéropodes.	Pteropoda.	Flügelfüßer.
7) Gastéropodes.	Gasteropoda.	Bauchfüßer.
8) Acéphales.	Acephala.	Kopflose.
9) Brachiopodes.	Brachiopoda.	Armfüßer.
10) Cirrhopodes.	Cirrhopoda.	Rankenfüßer.
III. *Animaux articulés.*	*Animalia articulata.*	Gliederthiere.
11) Insectes.	Insecta.	Insecten.
12) Arachnides.	Arachnides.	Spinnen.
13) Crustacés.	Crustacea.	Krebse.
14) Annélides.	Annellides.	Ringelthiere.
IV. *Animaux rayonnés.*	*Animalia zoophyta.*	Strahlthiere.
15) Echinodermes.	Echynodermata.	Stachelhäuter.
16) Intestinaux.	Helmintha.	Eingeweidewürmer.
17) Acalèphes.	Aealepha.	Quallen.
18) Polypes.	Polypa.	Polypen.
19) Infusoires.	Infusoria.	Aufgußthierchen.

In der Folge wurde diesen vier Typen von Cuvier noch ein fünfter, nämlich die Infusorien, gleichgestellt.

§. 114. Mit Cuvier zum Theil, aber auch zum Theil jetzt noch für die Wissenschaft wirkend sind zu nennen J. Fr. Meckel, der sich den Ruhm des umfassendsten Wissens in der vergleichenden Anatomie erworben hat, Carl Ernst v. Bär, welcher nicht allein gleichzeitig mit Cuvier die Typen feststellte und in wahrhaft genialer Weise über diese Grundformen und die allgemein systematischen Gesichtspunkte geforscht und gedacht, sondern auch durch seine Arbeiten im Gebiete der Entwicklungsgeschichte den Hauptanstoß zur Bebauung dieses Feldes gegeben und hierdurch die neueste, wichtigste Phase der wissenschaftlichen Zoologie herbeigeführt hat, Ehrenberg, der allwärts bekannte Forscher der Infusorien, Steenstrup, welcher 1842 den Generationswechsel erkannte, Goldfuß, Oken, Milne-Edwarts, van der Höven, Burmeister u. A., welche dahin gewirkt haben, neben der vergleichenden Anatomie die Entwicklungsgeschichte in das engste Verhältniß zur Zoologie zu bringen.

Die thierischen Typen oder Grundformen und die Klassen.

§. 115. Von Lamarck ist zuerst der Versuch gemacht worden, die Thiere in einer stetigen, ununterbrochen fortlaufenden Reihe zu ordnen, so daß sich zwischen je zwei noch so verschiedenen Thieren eine Anzahl verknüpfender, allmählig sich umwandelnder Formen einschieben und so die Thiergestalten von dem bläschenartigen, kaum ein Thier zu nennenden Infusorium bis zum vollendeten Bau des Menschen vervollkommnen. Oken's früheres System, begünstigt durch eine falsche Auffassung der Entwicklung, lief fast auf dieselbe Ansicht aus, daß nämlich das Thier in seinen verschiedenen Entwicklungsstufen die niedriger stehenden Formen durchzumachen

habe. Diese Ansicht stand anfänglich einer naturgemäßen Systematik sehr im Wege und es lassen sich bei einem Versuch, das Thierreich in einer Reihe zu ordnen, leicht von vorn herein Widersprüche aufdecken. Es kann keinem Kundigen einfallen, die innigste Verwandschaft der Wirbelthiere, d. h. derjenigen Thiere, welche ein inneres Knochengerüst haben und deren Centralnervenmasse in einer aus einzelnen Knochenringen, den Wirbeln, zusammengesetzten Röhre oder einer dieser Röhre gleichwerthigen knorpeligen Scheide enthalten ist, anzutasten und zwischen zwei derartiger Thiere eine Anzahl Nichtwirbelthiere einzuschalten, um jene gesuchte ununterbrochene Reihe zu bilden. Demnach müßte jedes Wirbelthier, in dessen Kreis das vollkommenste Geschöpf, der Mensch gehört, absolut höher stehen, als jedes anderes beliebiges Thier; nun ist aber Amphioxus, wie bereits §. 103 angegeben, ein so vollkommenes Wirbelthier, welches bis zu einer gewissen Lebensperiode sogar ein sehr unvollständiges Gefäßsystem besitzt, überhaupt sehr tiefstehende Organsysteme zeigt, daß alle Versuche mißlingen, andere Thiere an dasselbe anzureihen, und vergleicht man mit ihm z. B. die Sepie, so findet man an dem Auge derselben einen so complicirten Bau, wie an dem menschlichen, und Nerven- und Muskelsysteme, die in der detaillirtesten Weise entwickelt sind. Es entsteht nun die Frage, ob die wirbellosen Thiere eine stetige Reihe bilden; ein Jeder wird die pfiffige Krabbe, welche den Verfolger scharf beobachtend mit der Geschwindigkeit einer Maus entflieht, für höher organisirt als einen stumpfsinnigen Sandwurm oder ein Wasserälchen halten und umgekehrt der Nereide, einem sich schnell bewegenden, mit Augen und Fühlfäden versehenen Wurm einen höheren Rang als dem für seine ganze Lebenszeit in eine Fischkieme eingegrabenen und kaum noch durch eine Bewegung Leben und Thätigkeit verrathenden Schmarotzerkrebs gönnen. Wollte man nun von den beiden zuerst genannten Thieren auf die größeren Abtheilungen, zu denen sie gehören, schließen, so müßte man sämmtliche Krebse über die Würmer setzen, während aus der Vergleichung der Nereide mit dem Schmarotzerkrabb das entgegengesetzte Resultat sich ergibt.

§. 116. Diese einfachen Betrachtungen bewogen Cuvier, andere Gesichtspunkte für die Systematik zu schaffen. Säugethiere, Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische sind sämmtlich, da sie allein eine Wirbelsäule besitzen, nach einem Plan gebaut und sind Wirbelthiere benannt worden; sie stimmen sämmtlich in der architektonischen Anlage ihrer Organisation überein und tragen alle das Gepräge eines gemeinschaftlichen Typus, einer gemeinsamen Grundform, was hinlänglich durch das Wort Wirbelthier bezeichnet ist. So sind auch unter den übrigen Thieren verschiedene Typen oder ideale Baupläne zu suchen und zu finden, durch und um welche sie sich gruppiren. Die Schnecke, der Käfer, der Regenwurm und der Seestern stellen sich als Repräsentanten für eben so viele Grundformen hin. An der Schnecke ist kaum Kopf und Rumpf zu unterscheiden und ihr Haus ist nur eine zufällige Beigabe, da es auch viele Schnecken ohne dieses gibt; bei dem Käfer hingegen ist die äußere Bedeckung zu einem Hautskelet, das in eine bestimmte Anzahl Ringel oder Glieder zerfällt, erstarrt und diese Gliederung erstreckt sich auf die Füße und Mundtheile. Die Schnecke ist ein Weichthier, der Käfer ein Gliederthier, zu welcher letzteren

Cuvier auch eine Abtheilung der Würmer rechnete, von welchen es aber (nach Oscar Schmidt) zweckmäßiger ist, sie insgesammt als Würmer unter einem Typus zusammenzubringen. Der Seestern endlich ist so durchaus von den übrigen Grundformen verschieden, daß sich ein Anknüpfungspunkt fast gar nicht finden läßt; er repräsentirt die Strahlthiere als einen besonderen Typus, so daß sich die Zahl der thierischen Grundformen auf fünf beläuft, die nachstehend charakterisirt sind.

1) Die **Wirbelthiere**, animalia vertebrata, von symmetrischem Bau, besitzen ein inneres, die Centraltheile des Nervensystems umschließendes Skelet. Ihr unveräußerliches Kennzeichen ist das Rückenmarksrohr oder die Wirbelsäule, welche in dem Falle, wo sie aus dem knorpeligen in den knöchernen Zustand übergegangen ist, aus einzelnen ringförmigen Abtheilungen, den Wirbeln, besteht.

2) Die **Weichthiere**, animalia mollusca, haben einen symmetrischen oder gestört symmetrischen Bau, sind nie gegliedert und ihr Körper wird meist von lappigen Hautfalten oder einem häutigen Sacke, dem Mantel, umgeben. Die Centraltheile des Nervensystems bestehen bei den Hauptformen aus mehreren, mit einander verbundenen, den Schlund umfassenden Ganglien, und anderen in verschiedenen Körpertheilen liegenden Ganglien, welche letztere nie eine Ganglienkette bilden.

3) Die **Gliederthiere**, arthrozoa, sind symmetrisch; der Körper besteht aus einzelnen Ringen oder Segmenten, welche in bestimmter Weise zu Kopf, Brust und Hinterleib zusammentreten; auch die Füße sind gegliedert. Die Centraltheile des Nervensystems sind ein Schlundring und eine Bauchganglienkette.

4) Die **Würmer**, vermes, sind symmetrisch. Ihr Körper kann auch in einzelne Ringe zerfallen. Diese gruppiren sich aber nicht zu so bestimmten Körperabschnitten, wie bei den Gliederthieren. Nie haben sie gegliederte Bewegungsorgane. Sie besitzen vielfach Flimmerorgane, welche den Gliederthieren zu fehlen scheinen.

5) Bei den **Strahlthieren**, animalia radiata, lagern die Organe strahlen- oder sternförmig um eine Achse, welche in den ganz regelmäßigen Formen Mund und After verbindet.

Der Werth jeder einzelnen Grundform wird ohne Zweifel dadurch bestimmt, in wiefern innerhalb derselben eine hohe Ausbildung zulässig ist, und demnach stehen, abgesehen von den höheren Ausläufern der vier anderen Formen mit zusammengesetzterem Bau als das niedrigste Wirbelthier, die Wirbelthiere am höchsten. Ob diesen aber in der Reihe die Weichthiere oder Gliederthiere folgen, ist noch im Zweifel; da jedoch die Thiere der Klasse der Kopffüßer aus dem Typus der Weichthiere massenhafte Nervencentra und ausgebildete Sinnesorgane besitzen, so scheinen sie den Vorzug vor den Käfern oder anderen Gliederthieren zu haben und

werden deßhalb im Nachstehenden die Weichthiere den Gliederthieren vorangesetzt.

§. 117. Die verschiedenen Variationen, unter denen die Typen erscheinen, bilden die Klassen des Thierreichs; in einzelnen derselben, wie bei den Moosthieren, Räderthieren, Eingeweidewürmern und Infusorien, lassen sich die Eigenthümlichkeiten der Typen, denen sie angehören, kaum nachweisen, was zum Theil in der Unvollkommenheit unserer Kenntnisse, zum Theil aber wohl daran liegt, daß die genannten Klassen Mischformen oder Zwischenformen sind.

A. Wirbelthiere.

1) Säugethiere, Mammalia; Herz mit zwei Kammern und zwei Vorkammern. Gebären lebendige Junge, die sie säugen.

2) Vögel, Aves; Herz mit zwei Kammern und zwei Vorkammern. Körper mit Federn bedeckt. Legen Eier. Die Vordergliedmassen sind in Flugwerkzeuge umgestaltet.

3) Reptilien, Reptilia; Herz mit zwei in der Regel vollständig geschiedenen Vorkammern und zwei immer unvollständig getrennten Kammern. Körper meist mit Hornschuppen oder mit Knochenschildern bedeckt.

Die Embryonen dieser drei Klassen zeichnen sich durch die Bildung zweier Hüllen oder Häute aus, nemlich der Schafhaut, amnios, und der Harnhaut, allantois (vergl. §. 84).

4) Amphibien, Amphibia; Herz mit zwei, meist vollständig getrennten Vorkammern und einer Kammer. Körper nicht mit Schuppen oder Schildern bedeckt.

5) Fische, Pisces; Herz mit einer Kammer und mit einer Vorkammer. Athmen durch Kiemen.

B. Weichthiere.

6) Kopffüßer, Cephalopoda; der Kopf ist ein vom Rumpf wohl unterscheidbarer, abgesetzter Körpertheil, der einen Kreis langer Arme trägt. Diese dienen als Greif-, Bewegungs- oder Tastorgane. Der sackförmige Mantel umschließt nur den Rumpf.

7) Schnecken, Cephalophora; auch sie haben noch einen die Sinnesorgane tragenden Kopf mit dem Eingang in den Verdauungskanal; die Scheidung zwischen Kopf und Rumpf ist aber nicht so merklich, wie bei den Kopffüßern. Die Hauptnervenmassen in der Schlundgegend sind weniger compact und centralisirt.

8) Kopflose Weichthiere, Acephala; ihnen fehlt ein von dem übrigen Körper abgesetzter Kopftheil, daher eine scheinbare Unregelmäßigkeit in der Anordnung des Nervensystems. Der Mantel umgiebt den ganzen Körper meist in der Gestalt zweier Blätter.

9) Mantelthiere, Tunicata; ohne Kopf; von unsymmetrischem Bau. Körper von einem weiten Mantel völlig umhüllt.

10) Moosthiere, Bryozoa; der Mund ist von Fangarmen umgeben. Bilden den Uebergang zu den Polypen, denen sie sich auch durch die Errichtung von Kolonien anschließen.

C. Gliederthiere.

11) Insecten, Insecta; der Körper ist in Kopf, Brust und Hinterleib geschieden. Die drei Brustringe tragen je ein Paar Füße.

12) Tausendfüßer, Myriopoda; der Körper ist wurmartig verlängert; Brust und Hinterleib sind nicht unterschieden. Zahl der Füße im Verhältniß der Körperringe vermehrt.

13) Spinnen, Arachnidea; Kopf und Brust verschmolzen. Vier Paar Füße. Hinterleib ohne Anhänge, die sich den Füßen vergleichen ließen.

14) Krebsthiere, Crustacea; haben gegliederte Anhänge an Kopf Brust und Hinterleib.

D. Würmer.

15) Ringelwürmer, Annelides. Sie schließen sich den Arthrozoen oder Gliederthieren durch Anwesenheit einer Bauchganglienkette und durch das Zerfallen des Leibes in eine Reihe von Segmenten an, die sich jedoch nicht zu Kopf, Brust und Hinterleib gruppiren und denen durchweg die gegliederten Anhänge als Bewegungsorgane fehlen.

16) Räderthiere, Rotatoria; ihre Bewegungswerkzeuge sind ein- oder mehrfache Wimperkreise am Vorderende.

17) Eingeweidewürmer, Helminthes; Würmer, welche ihre ganze Lebenszeit hindurch oder während gewisser Lebensperioden in oder auf anderen lebendigen Thieren Wohnung und Nahrung suchen.

18) Strudelwürmer, Turbellaria; der Körper ist überall mit Flimmerorganen besetzt, wodurch hauptsächlich die Locomotion vermittelt wird.

19) Aufgußthiere, Infusoria. Sie schließen sich, obgleich dem Wurmtypus vielfach entfremdet, unter allen Thieren noch am nächsten den Strudelwürmern an. Ihre Körpergestalt giebt kein gemeinsames Merkmal; sie lassen sich nur dadurch einigermaßen bezeichnen, daß sie die Speise in viele innere Bläschen (nach Ehrenberg wirkliche Magen) aufnehmen und daß die meisten, vielleicht auch alle, mit einer oder mehreren contractilen Blasen versehen sind.

E. Strahlthiere.

20) Stachelhäuter, Echinodermata. Ihre Organsysteme sind gewöhnlich in der Fünfzahl um die, Bauch- und Rückenseite verbindende Achse angeordnet. Ihre sehr kalkhaltige äußere Bedeckung erstarrt oft zu einem beweglichen oder unbeweglichen Skelett.

21) Quallen, Acalephae. Körper meist durchsichtig, von gallertiger Beschaffenheit. In der Anordnung der Körpertheile herrscht die Vierzahl oder ein Vielfaches von vier vor.

22) Polypen, Polypi. Der cylindrische Körper verkalkt oft an der Oberfläche oder sondert nach Innen eine hornige oder kalkige Masse ab. Die Mundöffnung ist von Tentakeln und Fangarmen in bestimmter oder unbestimmter Zahl umkränzt. Der Verdauungshöhle öffnet sich hinten in die in der Regel durch radiäre Lamellen in Fächer getheilte Leibeshöhle.

Im folgenden Abschnitt sind die Klassen in umgekehrter Ordnung gruppirt, um mit den unvollkommensten Thieren zu beginnen und mit den am meisten entwickelten zu endigen.

Charakteristik der Unterabtheilungen.

Typus der Strahlthiere.

Erste Klasse.

Die Polypen. Polypi.

Erste Ordnung. Octactinia.

Die Ordnung der achtstrahligen Polypen besitzt acht in einem Kreise den Mund umgebende Fühler, welche länglich, blattartig und in der Regel fiedrig gefranzt sind.

Familien: Tubiporina, Alcyonina, Pennatulina und Corticata; aus letzterer ist Corallium rubrum Lam. von Interesse (vergl. Bd. 1. S. 762).

Zweite Ordnung. Polyactinia.

Die Ordnung der vielstrahligen Polypen besitzt zwölf oder mehrere Tentakeln.

Familien: Madreporina, Poritidae, Oculinidae, Astraeidae (Astraeinae und Eusmilinae*), Eupsammidae, Turbinolidae (Turbinolinae und Cyathiniae), Fungina und Actinina; aus der Familie Madreporina ist zu erwähnen Madrepora aculata Linn., welche Corallium album liefert (vergl. a. a. O. S. 762).

Zweite Klasse.

Die Quallen. Acalephae.

Erste Ordnung. Ctenophorae.

Die Ordnung der Rippenquallen hat weiche, kugelige, walzen- oder bandförmige Körper; diese sind mit vier oder acht Reihen schwingender Blättchen, Rippen, besetzt, welche den Körper mit der Mundöffnung voran bewegen.

Familien: Cestum und Beroë.

Zweite Ordnung. Discophorae.

Der Körper der Scheibenquallen ist scheiben- oder glockenförmig, der Scheibenrand und die Unterseite der Scheibe in der Regel mit mannichfachen Fangfäden und Fangarmen besetzt. Der Mund oder die mehreren den Mund vertretenden Oeffnungen befinden sich gleichfalls an der flachen oder concaven Unterseite.

---

*) Die eingeklammerten Namen sind Bezeichnungen von Unterfamilien.

Familien: Geryonidae, Rhizostomidae, Aequoridae, Oceanidae und Medusitae.

Als Ammen und Larvenformen gehören zu den Scheibenquallen mehrere bis in die neuere Zeit für wahre Polypen gehaltene Thierfamilien, die man zusammen Hydriformia genannt hat und jetzt meist besser bekannt sind, als die von ihnen abstammenden Quallengenerationen, weßhalb sie im System noch in ihren Polypenformen aufgeführt werden. Es sind dieses die Familien Sertularina und Tubularida.

Dritte Ordnung. Siphonophorae.

Die Ordnung der Röhrenquallen ist nur provisorisch, da es noch nicht entschieden ist, ob man die hierzu gerechneten, äußerst verschieden gestalteten Formen als Einzelwesen oder als Thierkolonien, als selbstständig oder als Ammen betrachten kann. Sie besitzen sämmtlich cylindrische Saugröhren, mannichfaltige Fühl- und Fangfäden, mit Luft angefüllte Schwimmblasen oder Schwimmglocken, durch deren ruckweises Zusammenziehen sie sich fortbewegen.

Familien: Vellelidae, Physalidae, Physophoridae und Diphyidae.

Dritte Klasse.

Die Stachelhäuter. Echinodermata.

Erste Ordnung. Crinoidea.

Der Körper der Haarsterne besitzt ein äußeres gegliedertes Kalkskelet an der Rückenseite; die Bauchseite, wo Mund und After neben einander liegen, ist weich. Von dem Rande dieses meist becherförmigen Körpers gehen die gleichfalls gegliederten Arme aus. Von der Mitte des Rückens geht ein gegliederter Stiel aus, mittels dessen sie entweder zeitlebens oder nur in frühester Jugend festsitzen.

Gattungen: Pentacrinus, Comatula und Holopus, sonst meist vorweltlich, wie die Familie Cistidea.

Zweite Ordnung. Asteridea.

Der Körper der Seesterne ist meist zusammengedrückt und mit wenigen Ausnahmen fünfstrahlig, die Hautbedeckung lederartig fest oder es lagern sich Kalkplatten zu einem Hautskelet ab; außerdem ist aber noch ein inneres Skelet vorhanden, das aus so vielen Reihen wirbelartiger Glieder besteht, als Strahlen vorhanden sind. Der Mund ist im Centrum der Unterfläche, die Afteröffnung auf dem Rücken oder gar nicht vorhanden.

Erste Unterordnung: Ophiuridae. Die Scheibe ist von den vom Munde ausgehenden Armen abgesetzt; die Tentakeln oder Saugfüßchen auf der Bauchseite durchbohren einfach die Haut. Die einspringenden Winkel des Mundes sind mit Papillen besetzt. Bei allen fehlt der After, so wie auch die Pedicellarien, die mikroskopischen Greiforgane, nicht vorhanden sind.

Familien: Euryalae und Ophiurae.

Zweite Unterordnung: Asteriae. Die Arme sind nicht von den Scheiben abgesetzt, sondern Ausdehnungen der Scheibe selbst. Die Bauchseite der Arme hat eine mit weichen Fühlern besetzte tiefe Furche, die vom Munde sich bis zur Spitze der Arme fortsetzt. Der Rand dieser Furchen ist mit Papillen (Furchenpapillen) besetzt.

a) Zwei Tentakelreihen der Bauchfurchen; kein After.
Familie: Astropectae.

b) Zwei Tentakelreihen der Bauchfurchen; mit After.
Gattungen: Echinaster, Solaster (Art Sol. papposus wird hier und da als Aphrodisiacum bei Thieren angewendet), Oreaster, Astrogonium, Asteropsis u. A.

c) Vier Tentakelreihen der Bauchfurchen; mit After.
Einzige Gattung: Astervoanthion mit verschiedenen Arten.

Dritte Ordnung. Echinidea.

Der Körper der Seeigel ist kugelig oder flach, ohne Strahlen, der Mund immer an der Unterfläche, die Lage des Afters verschieden; der Körper ist von einem festen Kalkskelet umgeben und dieses mit beweglichen Stacheln besetzt.

Familien: Spatangida, Clypeastroidea und Cidarites.

Vierte Ordnung. Holothuridea.

Der Körper der Holothurien ist wurmförmig verlängert, der Mund am Vorderende, der After im Hinterende; der Mund ist von retractilen Fühlern umgeben. Die lederartige Haut enthält zahlreiche, meist netzförmige Kalkgebilde. Rudiment eines inneren Skelets ist ein den Schlund umgebender Kalkring, der dem Zahngerüst der Echinen entspricht.

Gattungen: Pentacta, Thyone, Holothuria (Art: Hol. edulis, dient unter dem Namen Trepang als Nahrung) und Cuviera.

Eine Gruppe wurmartiger Thiere, denen die Saugfüßchen fehlen, schließt sich anhangsweise den Holothurien an, da ihre Verwandtschaft mit diesen unter anderen durch das Vorhandensein des Kalkringes und die Kalkconcremente der Haut bethätigt werden.

Gattungen: Synapta, Chirodota, Liosoma, Malpodia und Haplodactyla.

Typus der Würmer.

Vierte Klasse.

Die Aufgußthiere. Infusoria.

Erste Ordnung. Anentera.

Die Ausscheidung der aufgenommenen und unverdauten Nahrungsmittel findet bei den Darmlosen wieder durch den Mund statt.

Erste Unterordnung: Gymnica. Der Körper der Anhanglosen ist entweder ganz ungewimpert oder nur mit einzelnen längeren, peitschen-

oder rüsselförmigen Wimperorganen versehen. Der Körper ist entweder nackt oder von einer mehr oder weniger festen Hülle, von einem Panzer, umgeben.

Familien: Monadina, Cryptomonadina, Volvocina und Astasiaea.

Zweite Unterordnung: Pseudopodia. Eigene Bewegungsorgane, Wimpern und fadenförmige Rüssel sind nicht vorhanden und werden durch die Fähigkeit des Körpers, an beliebigen oder durch den Panzer bedingten Stellen fußartige Vorsätze hervortreten zu lassen, ersetzt.

Familien: Amoebaea und Arcellina.

Den Arcellinen reihet sich die reiche Gruppe der Foraminifera an, deren Formen theils als noch lebend wohl in allen Meeren vorkommen, theils als Fossilien (nahe 2000 Arten in den Kreideschichten) noch merkwürdiger sind.

Dritte Unterordnung: Epitricha. Der Körper ist mit Wimperkreisen oder Borsten versehen.

Familie: Peridinaea.

Zweite Ordnung. Enterodela.

Bei der Mehrzahl der Darmführenden ist ein Mund und eine Afteröffnung beobachtet, deren verschiedene Lage die Basis für folgende Unterordnungen bildet.

Erste Unterordnung: Anopisthia. Mund und After befinden sich neben einander in einer Vertiefung am Vorderende.

Familie: Vorticellina.

Zweite Unterordnung: Enantiotreta. Mund und After, einander entgegengesetzt, an den Körperenden.

Familien: Enchelia und Colepina.

Dritte Unterordnung: Allotreta. Mund oder After finden sich an einem Körperende, wie beide.

Familien: Trachelina und Ophryocercina.

Vierte Unterordnung: Catotreta. Mund und After liegen am Bauch.

Familien: Colpodea und Oxytrichina.

Die Abtheilung der *Gregarinae*, von denen man bis jetzt noch nicht einig ist, ob sie selbstständige Formen oder nur Entwicklungszustände anderer, noch nicht erkannter Thiere sind und stets als Inwohner anderer Thiere, besonders solcher, die Fleisch, Aas und Koth fressen oder mit ihrer Nahrung Sand und Schlamm verschlingen, vorkommen, ist wohl den Infusorien anzureihen.

Familien: Monocystideae, Gregarinariae und Didymophyidae.

Fünfte Klasse.

Die Strudelwürmer. Turbellaria.

Erste Ordnung. Dendrocoela.

Der Körper ist platt gedrückt, der Darmkanal dendritisch verzweigt, ohne After; wenige sind unter 1/4, andere 2—3 Linien lang; nur diese

Ordnung enthält einige Arten, welche nicht im Wasser, sondern auf dem Land an feuchten Orten leben.

Familien: Aceridea, Cephaloceridea und Notoceridea.

Zweite Ordnung. Rhabdocoela.

Der Darmkanal ist einfach, ohne Blindsäcke oder dendritische Verzweigungen; ohne, seltner mit Analöffnung; sehr viele sind kaum 1/7, wenige mehr als 2 bis 3 Linien lang. In seichten Gewässern.

Familien: Prostomeae, Opistomeae, Dorostomeae, Mesostomeae, Schizostomeae, Dinophilidae und Microstomeae.

Dritte Ordnung. Nemertinea.

Der Darmkanal ist gerade, eine Afteröffnung vorhanden (ob immer?); über oder seitlich vom Darmkanal befindet sich in einer eigenen Höhle ein langer, verstülpbarer Rüssel. Das Centralnervensystem besteht jederseits aus einer häufig zweitheiligen oder zweilappigen Ganglienmasse, verbunden durch zwei Commissuren, durch welche der Rüssel hindurch geht. Die Geschlechter sind getrennt. Mit seltenen Ausnahmen im Meer.

Familien: Anopla und Enopla.

Sechste Klasse.

Die Eingeweidewürmer. Helminthes.

Erste Ordnung. Cestoidea.

Die in der Regel platten, bandförmigen Thiergebilde, die im Allgemeinen Bandwürmer genannt werden, sind sehr zusammengesetzter Art, indem sie aus einem Ammenindividuum (dem Kopf und ungegliederten Hals des Bandwurmes) und einer Reihe aus dem Hintertheil jener Amme hervorgewachsener Geschlechtsindividuen (den Bandgliedern) bestehen. Der Kopf, in der Regel mit 2 oder 4 Sauggruben versehen, trägt häufig einen oder mehrere mit Widerhaken besetzte Rüssel. Mundöffnung und Darmkanal sind nicht vorhanden. In den Gliedern, die um so mehr entwickelt und größer sind, je weiter sie vom Halstheil entfernt liegen, wiederholt sich ein hermaphroditischer, complicirter Geschlechtsapparat. Im Darmkanal der Säugethiere und Vögel.

Gattungen. Taenia und Bothriocephalus (die Bandwürmer der Menschen) nebst mehreren anderen.

Zweite Ordnung. Trematoda.

Der Körper der Saugwürmer ist rundlich, häufiger platt, ungegliedert, sehr contractil; Darmkanal von sehr verschiedener Gestalt, aber stets ohne Afteröffnung. Die meisten haben außer dem Munde, mit dem sie sich ansaugen können, an verschiedenen Körperstellen einen oder mehrere Saugnäpfe. Alle sind Zwitter. Inwohner anderer Thiere.

Gattungen: Monostomum, Diostomum, Amphistomum, Polystomum, Diporpa, Undonella, Tristomum und Peltogaster.

Dritte Ordnung. Acanthocephala.

Der etwas abgeplattete, gewöhnlich weißliche Körper der Hakenwürmer ist mit einziehbaren Rüssel versehen, der mit rückwärts gerichteten Haken besetzt ist. Verdauungsorgane fehlen. Die Geschlechter getrennt. Inwohner des Darmkanals der Wirbelthiere.

Einzige Gattung. Echinorhynchus mit 88 Arten.

Vierte Ordnung. Nematoidea.

Der Körper der Rundwürmer ist rund, viel länger als dick, häufig fadenförmig. Die Hautbedeckung mit der damit verbundenen Muskelschicht bildet einen elastischen Schlauch, in welchem die Eingeweide gewöhnlich lose liegen. Der Mund ist am Vorderende, der einfache Darmkanal mit oder ohne Analöffnung. Die Geschlechter sind getrennt.

Erste Unterordnung: Proctucha. Mit einer Analöffnung.

Gattungen: Oxyuris, Ascaris, Cucullanus, Filaria, Trichocephalus und Strongylus, deren Arten fast sämmtlich die eigentlichen Eingeweidewürmer bilden, denen sich die zugleich borstentragenden Gattungen Dorylaimus, Oncholaimus, Enoplus und Anguillula anschließen.

Zweite Unterordnung: Aprocta. Kein After. In der Jugend Inwohner von Insecten, die sie vor der Geschlechtsreife verlassen.

Gattungen: Gordius und Mermis.

Siebente Klasse.

Die Räderthiere. Rotatoria.

Sind so gleichförmig, daß Eintheilung nach Ordnungen und Unterordnungen unnöthig ist.

Familien: Holotrocha (Ichthydina und Oecistina), Schizotrocha, Zygotrocha (Philodinaea und Brachionaea) und Polytrocha (Hydatinaea und Euchlanidota).

Achte Klasse.

Die Ringelwürmer. Annelides.

Erste Ordnung. Discophora.

Die Egel sind Zwitter, denen seitliche Bewegungsorgane fehlen, deren Körperchen dagegen in Haftscheiben verwandelt sind. Anhänge am Kopftheil, ebenso äußere Kiemen fehlen, mit einer Ausnahme. Die Geschlechtsorgane münden unpaarig in der Mittellinie der Bauchfläche und finden sich nur in den mittleren Segmenten.

Familien: Hirudinacea unter anderen mit der Gattung Hirudo und der Art Hirudo medicinalis (mit der Varietät Hir. officinalis) Blutegel, worüber Bd. 1. S. 749 ff. zu vergleichen, und Clepsinea, denen sich noch Branchiobdellea und Acanthobdellea anschließen,

welche letztere Familie statt der vorderen Haftscheibe einige Querreihen von Hakenborsten besitzt und demnach den Uebergang zu den Borstenwürmern bildet.

Zweite Ordnung. Sipunculoidea.

Diese von Cuvier den Holothurien zugezogene Gruppe zeigt weder eine strahlige Anordnung ihrer Organe, noch findet sich eine Spur der für die Echinodermen so wichtigen Kalkablagerungen, während sie durch Nervensystem, Gefäßsystem und Darmkanal den Ringelwürmern zugeführt werden. Auch durch ihre Entwicklungsgeschichte, so weit diese bekannt, werden sie aus der Gesellschaft der Echinodermen verwiesen. Der Körper ist länglich und cylindrisch, sehr starker Contractionen und Formveränderungen fähig. Bewohner des Meeres.

Familien: Sipunculaceae und Echiuridae.

Dritte Ordnung. Oligochaeta.

Ringelwürmer mit seitlichen Bewegungsorganen, welche nur in wenigen, meist zu je 2 bis 8 beisammen sitzenden, aus kaum bemerkbaren Höckerchen hervortretenden und nie von Cirren, Lippenblättern oder Kiemen begleiteten Borsten bestehen; Zwitter mit paarigen Mündungen der Geschlechtsorgane und mit mehr oder weniger entwickeltem Gefäßsystem; fast durchgängig ohne äußere Athmungsorgane. Bewohner von feuchter Erde, süßem und salzem Wasser.

Familien: Naidea und Lumbricina, letztere mit der Gattung Lumbricus, Art Lumb. terrestris, ist hin und wieder noch im medicinischen Gebrauch (vergl. Bd. 1. S. 747).

Vierte Ordnung. Polychaeta.

Ringelwürmer mit seitlichen Borstenbündeln oder Borstenkämmen, welche entweder neben diesen oder am Rücken oder am Kopftheil allerlei weiche Anhänge, wie Läppchen, Blätter, Fäden oder zusammengesetztere Organe tragen. Die Borsten stehen, außer zuweilen an den Körperenden, mindestens zu je 8, in der Regel jedoch weit zahlreicher zusammen. Sie sind anscheinend alle getrennten Geschlechtes und ihre Geschlechtsorgane meist sehr einfach gebaut. Alle leben im Meer.

Erste Unterordnung: Limivora. Ist weniger entwickelt in dem Nervensystem und in den Sinnesorganen als die andere Unterordnung; nur ausnahmsweise finden sich bei den ausgewachsenen Thieren Augen. Auch die Musculatur ist weniger kräftig; die Borstenhöcker sind kurz, die Borstenbündel meist dünn. Die Kiemen, auf wenige Segmente beschränkt, finden sich in der Regel nur am Vorderende. Nur selten opalisirt die Haut.

Familien: Serpulacea, Hermellacea, Terebellacea, Telethusa und Opheliacea.

Zweite Unterordnung: Rapacia. Der fast immer kurz gegliederte Körper spielt in mehr oder minder glänzenden Farben und zeigt eine durchgeführtere Wiederholung der Organisation und eine höhere Entwicklung der Bewegungsorgane, des Kopflappens, des Darmkanales

und anderer Theile. Die Borstenhöcker mit ihren Anhängen sind mehr entwickelt, die Borsten in den Bündeln zahlreicher und die Kiemen ebenfalls frei.

Familien: Ariciea, Syllidea, Glycerea, Lycoridea, Eunicea, Amphinomea und Aphroditea.

Die beiden Gattungen, Tomopteris und Peripatus, weichen in Gestalt und Organisation so auffallend von den übrigen Ringelwürmern ab, daß Grube aus ihnen zwei besondere Ordnungen, Gymnocopa und Onychophora, gebildet hat. Erstere Gattung hat borstenlose Flossen, die Segmente sind durch keine Furchen abgesetzt, der Mund liegt an der Bauchfläche und ist ohne Rüssel und Kiefer; bei der zweiten Gattung besteht der Körper aus deutlich von einander abgesetzten Segmenten und die Bewegungsorgane sind jederseits einzeilige, in Klauen endende Fußstummel längs der Bauchseite.

Typus der Gliederthiere.

Neunte Klasse.

Die Krabbthiere. Crustacea.

Erste Ordnung. Cirripedia.

Die Rankenfüßer unterscheiden sich von allen übrigen Crustaceen dadurch, daß sie außer dem gewöhnlichen Hautskelett noch einen chitinhaltigen Mantel besitzen, welcher eine kalkige, aus mehreren Stücken bestehende Schale absondert. Nur in früher Jugend schwimmen sie frei im Meer umher; später sitzen sie fest und ihre 6 Paar Füße bestehen dann aus einem Basalgliede mit zwei vielgliedrigen Ranken und dienen nur dazu, Wasser und Nahrungstheile in die Höhle des inzwischen gebildeten Mantels einzuschöpfen; in dieser Höhle liegt das Kopfende des Thieres nach unten. Mit den Füßen ragt aus dem Mantelschlitze eine Röhre hervor, die am Grund die Mündung des Darms, an der Spitze die Generationsöffnung hat.

Familien: Balanidae und Lepadina.

Zweite Ordnung. Parasitica.

Die Schmarotzerkrebse wohnen sämmtlich auf Fischen, von deren Säfte sie leben. Ihr Mund ist ein Saugrüssel und gewöhnlich mit Kiefern versehen; die vorderen Füße tragen Krallen oder Saugnäpfe zum Festhalten. Bei mehreren Familien erleiden die frei im Wasser sich aufhaltenden Jungen eine Rückbildung nach dem Festsetzen, indem die äußere Gliederung fast oder gänzlich verschwindet und die Körperbedeckungen eine weiche Beschaffenheit annehmen, wo dann eine große Aehnlichkeit mit den Schmarotzerwürmern stattfindet. Die Männchen tragen in der Regel am Hinterleibe ein Paar Eierbeutel und überwiegen häufig an Zahl und Größe die Weibchen.

Familien: Pennellina, Lernaeadae, Chondraeanthini, Ergasilidae, Dichelestidae, Caligidae und Argulidae.

Dritte Ordnung. Lophyropoda.

Die Büschelfüßer schließen sich durch die Cyclopiden eng an die Schmarotzerkrebse an, jedoch haben sie weder einen rüsselförmigen Mund, noch sind sie zum Saugen geeignet. Die Oberkiefer sind gut entwickelt und dienen zum Käuen, während die Unterkiefer häutig sind. Sie haben 3, 4 oder 5, selten 6 Paar Füße, deren Glieder cylindrisch oder auch zusammengedrückt und mit längeren oder kürzeren Borsten besetzt sind. Bewohner von süßen, besonders stehenden Wassern, jedoch einige Gattungen auch im Meer.

Familien: Cyclopidae, Ostracoda und Cladocera.

Vierte Ordnung. Phyllopoda.

Die Blattfüßer haben nie weniger als 10 Paar Füße, welche platt gedruckt, mit kurzen Borsten oder Wimpern gesäumt und zuweilen mit blättrigen Kiemenanhängen versehen sind. Sie haben ein einfaches und zwei zusammengesetzte Augen. Die Jungen haben große Aehnlichkeit mit den jungen Lophyropoden und sind mit nur wenigen Paaren Bewegungsorganen versehen; die Gliederzahl derselben vermehrt sich unter öfteren Häutungen und die Füße nehmen dabei die platte Gestalt an.

Familien: Branchiopoda und Aspidiphora.

Den Phyllopoden scheint sich die fossile Gruppe der Trilobites oder Palaeades anzuschließen, die jedoch jedenfalls eine eigene Ordnung bildet.

Fünfte Ordnung. Poecilopoda.

Die Stachelfüßer schließen sich anscheinend hinsichtlich ihrer Größe und der Härte und Stärke des Hautskelettes an die größeren Schalenkrebse an, zeigen aber einen völlig anderen Bau. Der Körper ist von zwei Schilden bedeckt; der vordere ist halbmondförmig und trägt oben zwei facettirte, weit von einander abstehende Augen, weiter nach vorn zwei einfache Augen. Der mitten auf der Unterseite des Kopfbruststückes liegende Mund hat keine eigentlichen Kiefern, aber eine Umgebung von 5 Paar Scheerenfüßen, deren stachelige Schenkelglieder den Dienst der Kiefern vertreten. Mit dem Kopfbrustschild ist ein Abdominalschild gelenkig verbunden, welcher unten 6 Paar Schwimmfüße, ein vorderes, großes, deckelförmiges Paar und 5 kleinere Paare, an welche die blättrigen Kiemen geheftet sind, trägt. Der Hinterleib endigt mit einem beweglichen, spitzen oder dolchförmigen Stachel.

Einzige Familie: Xiphosura.

Sechste Ordnung. Isopoda.

Der Körper der Asseln ist meist flach und der gewöhnlich kleine Kopf immer von dem ersten Brustglied deutlich abgesetzt und trägt meist 2 Paar Antennen und zwei aus der Zusammenhäufung vieler einfachen ocelli entstandene oder wirklich zusammengesetzte Augen. Die Mundtheile sind kräftig zum Kauen entwickelt; die Brust besteht aus 7 Segmenten, jedes mit einem Paar Füße, welche fast immer mit einer Klaue, fast nie

mit einer Scheere endigen; die Männchen besitzen an der Basis dieser Füße Blättchen zur Beherbergung der Eier. Am Hinterleib, dessen Segmentenzahl wechselt, aber nicht über 7 steigt, befinden sich die blattförmigen Kiemenfüße, von denen das eine Paar in der Regel als Deckel der übrigen dient.

Familien: Bopyrina, Cymothoidae, Sphaeromidae, Idotheidae, Asellina und Oniscidae; aus letzterer die Gattung Armadillo bemerkenswerth, weil ihre Arten Arm. vulgaris, pulchellus und officinarum die Millepedes der Officinen sind (vergl. Bd. 1. S. 748).

Siebente Ordnung. Laemodipoda.

Der Hinterleib der Kehlfüßer ist bis auf einen kurzen Stummel völlig verkümmert und der erste Brustring mit dem Kopfsegment verschmolzen, so daß das erste Fußpaar, scheinbar am Kopf, an der Kehle steht; außerdem sind noch 6 Brustsegmente vorhanden. Sie haben 4 Antennen; die Kiemen sind birnförmige Säckchen, entweder an der Basis der Füße, oder die Füße fehlen an den Kiemen tragenden Segmenten gänzlich. Sämmtlich Meeresbewohner.

Familien: Ovalia und Filiformia.

Achte Ordnung. Amphipoda.

Der Kopf der Flohkrebse ist vollständig vom ersten Brustsegment abgesetzt; die Brust besteht aus 6 oder 7 Segmenten; der Hinterleib ist entwickelt und trägt mit Wimpern oder Borsten besetzte Afterfüße. Die Eier unter der Brust.

Familien: Hyperina und Gammarina (Ambulatoria und Saltatoria).

Neunte Ordnung. Stomatopoda.

Die Maulfüßer haben gestielte, facettirte Augen. Das Kopfbrustschild kann zwar sämmtliche Brustringe von oben bedecken, immer aber bleibt die Gliederung der Brust wenigstens von unten deutlich. Die eigentlichen Mundtheile bestehen in einer Oberlippe, dem Oberkiefer und 2 Paar Unterkiefern, also wie bei den Decapoden, mit denen die Stomatopoden in ihrer äußeren Gestalt und in dem anatomischen Bau die meiste Verwandschaft haben. Kiemen fehlen oder sind, meist büschelförmig, an der Basis der Brustfüße, gewöhnlich aber an der der Bauchfüße angebracht, wodurch sie sich besonders von den Decapoden, deren Kiemen unter besonderen Kiemenhöhlen verdeckt sind, unterscheiden. Der Abdomen geht in eine furchenförmige Flosse aus. Sämmtlich Meeresbewohner.

Familien: Bipeltata, Unipeltata und Caridividea.

Zehnte Ordnung. Decapoda.

Die Zehnfüßer oder Krebse stehen den Stomatopoden sehr nahe und haben zwar viel Aehnlichkeit mit den Molluskenkrebsen durch die harte, krustige Körperbedeckung, weichen aber von diesen in allem Uebrigen ab. Sie sind von der Länge weniger Linien bis zu der von einem Fuß. Kopf und Brust sind von oben und von der Seite durch ein Kopfbrustschild bedeckt und verschmolzen; das Vorderende dieses Cephalothorax ist abge-

rundet, ausgezackt, gezähnelt oder in einen einfachen oder gezähnelten Stirnstachel ausgezogen und trägt die zwei Paar Antennen oder Fühlhörner und die gestielten Augen. Eine leicht erkenntliche, einem abgestutzten Kegel ähnliche Erhebung auf dem Basalgliede der Antennen bildet die beiden Gehörorgane. Der Mund liegt immer ziemlich weit vom Vorderende entfernt an der Unterseite des Cephalothorax mit folgenden eigentlichen Mundtheilen: eine querlängliche, fast hautige Oberlippe; ein Paar starke Oberkiefer, die allein zum kräftigen Kauen tauglich sind und unweit ihres gezähnelten Innenrandes ein Paar Taster tragen; zwei Paar Unterkiefer, deren jeder aus mehreren blättrigen Theilen besteht. Als Hülfsorgane kommen 3 Paar Kieferfüße hinzu, von denen das hintere Paar besonders bei den langschwänzigen Krebsen noch unverkennbar die Fußgestalt hat, das vordere, neben dem zweiten Maxillenpaar gelegene aber wesentlich mit diesem übereinstimmt. Alle die Hülfskieferpaare sind außerdem mit Tastern versehen und verdecken mehr oder weniger die Mundöffnung und Mundtheile. Nach Abzug der Kieferfüße bleiben noch fünf Paar am Cephalothorax eingelenkte eigentliche Füße übrig, deren Endglieder verschieden gebildet sind und an deren Basis sich die blättrigen oder fiederigen, oft pyramidenförmigen Kiemen anheften; diese liegen unter den von dem Kopfbrustschild gebildeten Seitenhöhlen verborgen und das Wasser kann zu und von ihnen durch die vorderen, unteren und hinteren Spalten der Höhlen gelangen. Einige Krebse besitzen besondere, in oder neben den Kiemenhöhlen angebrachte, blätter- oder geifelförmige Strudelorgane, um immer frisches Wasser herbeizuführen, während bei anderen durch die fortwährende Bewegung der Hülfskiefertaster dieser Zweck erreicht wird. Die Oeffnungen der Eileiter der Weibchen liegen an oder neben dem Hüftgliede des dritten Fußpaares, die Mündung der Samenausführungsgänge der Männchen an den Hüftgliedern des hintersten Fußpaares. An diese Mündungen der Männchen legen sich bei der Begattung die zu halbrinnenförmigen Hülfsbegattungsorganen umgestalteten Afterfüße des ersten Abdominalringes, in welchen alsdann der Same nach den weiblichen Geschlechtsöffnungen geleitet wird. Durch die außerordentlich verschiedene Ausbildung des Hinterleibes ist die Aufstellung mehrerer Unterordnungen bedingt.

Erste Unterordnung: Macrura oder Langschwänze. Der Hinterleib oder sog. Schwanz ist wohl entwickelt, oft länger als der Cephalothorax und mit starker Musculatur versehen. Er bildet das Schwimmorgan und besteht aus 7 Segmenten, von denen die 5 vorderen die Afterfüße tragen, das vorletzte aber ein Paar seitliche und hinterwärts gerichtete Platten hat, welche mit dem letzten Segment eine Flosse bilden.

Familien: Caridae, Locustini und Astacini; aus letzteren ist die Gattung Astacus, Art Astac. fluviatilis, bemerkenswerth, da sie häufig gespeist wird und in den kalkartigen Concrementen die Lapides Cancrorum (s. Bd. 1. S. 782) der Officinen liefert.

Zweite Unterordnung: Anomura. Der Cephalothorax ist immer bedeutend mehr entwickelt als der Hinterleib, der nicht mehr als Schwimmorgan fungirt. Das oder die beiden hinteren Fußpaare sind weit kleiner, als die vorhergehenden, und die Afterfüße unvollständig.

Familien: Pagurini, Hippidae und Notopota.

Dritte Unterordnung: Brachyura oder Krabben; der wenig entwickelte Abdomen ist gegen eine Vertiefung des Kopfbruststückes eingeschlagen. Von Oben ist vom Hinterleib nichts zu sehen; der Rückenschild ist häufig eben so breit und breiter als lang. Das dritte Paar Kieferfüße ist meist sehr breit und bedeckt nebst seinen Tastern die vorderen Kieferfüße und die übrigen Mundtheile ganz. Das erste Fußpaar trägt immer Scheeren; alle fünf Paare sind in gleicher Höhe eingelenkt und auch die hinteren gut entwickelt. Die Antennen sind klein und die mittleren mit 2 Geißeln versehenen beinahe oder gänzlich unter dem Stirnrand verborgen.

Familien: Oxystomata, Oxyrhyncha, Quatrilatera und Cyclometopa.

Zehnte Klasse.

Die Spinnen. Arachnidae.

Erste Ordnung. Tardigrada.

Der Körper zerfällt in eine Reihe von wenigen und oft undeutlichen Segmenten; die Bewegungswerkzeuge sind vier ordentlich gegliederte, am Ende mit Krallen bewaffnete Fußstummel; die harten Mundtheile bestehen in einem sehr eigenthümlichen Stilet- oder Bohrapparat; die Flimmerorgane scheinen gänzlich zu fehlen. Das Nervensystem stimmt mit dem der wahren Gliederthiere überein, da es eine aus vier Ganglien bestehende Kette bildet. Am Darmkanal sind außer dem muskulösen Schlundkopf, in oder vor welchem das doppelte Stilet liegt, ein kurzer enger Schlund und ein weiter, unregelmäßig ausgebuchteter, sehr dickwandiger Magen zu unterscheiden; der sehr kurze Darm mündet mit den Geschlechtsöffnungen in eine Kloake. Ein Gefäßsystem fehlt; die Blutflüssigkeit mit ihren zahlreichen, großen, conglomerirten Blutkörperchen fluctuirt unregelmäßig, wie es die Körperbewegungen mit sich bringen. Sie sind Hermaphroditen, die Eier dickschalig, die Schalen mit papillenförmigen Auswüchsen besetzt; bei der Entwicklung findet keine Metamorphose statt.

Einzige Familie mit den Gattungen: Echiniscus, Macrobiotus und Milnesium.

Zweite Ordnung. Picnogonida.

Der Rumpf der Asselspinnen besteht aus vier, je mit einem Paar kurzen oder sehr langen Füßen besetzten Segmenten; der Kopftheil wird durch ein ziemlich langes conisches Segment gebildet und es befinden sich an seiner Spitze die Mundöffnung und an der Unterseite ein paar Taster und ein Paar scheerenförmige Organe, auf dem ersten Rumpfssegment vier einfache Augen. Das Ganglienſystem wird aus Gehirnknoten und vier unmittelbar an einander stoßenden Bauchganglien gebildet. Der Darmkanal hat lange, weit in die Füße hineinreichende Blindsäcke; auch ist ein schlauchförmiges Rückengefäß vorhanden. Die Eierstöcke liegen in den Füßen. Die Asselspinnen machen eine Metamorphose durch, da sie unge-

gliedert und nur mit zwei Paar Füßen geboren werden. Bewohner des Meeres, theils parasitisch an Cetaceen, theils zwischen Seepflanzen.

Einzige Familie mit den Gattungen: Pycnogonum und Nymphon und mehreren Untergattungen.

Dritte Ordnung. Acarina.

Die Milben sind kleine, nur selten einige Linien lange Thiere, bei denen Kopf, Brust und Hinterleib vollständig mit einander verschmolzen sind, die alle in der Jugend, einige Zeitlebens, nur drei Paar Füße haben. Ihre Mundöffnungen sind, je nachdem sie kauen oder saugen, sehr verschieden gestaltet. Meist Schmarotzer.

Familien: Linguatulina, Acarea (mit der Gattung Acarus und den Arten Acar. siro [Käsemilbe] und Acar. scabici [Krätzmilbe] und der Gattung und Art Sarcoptes exulcerans, Krätzmilbe der Menschen), Gamasea, Ixodea, Hydrarachnidae und Trombidina.

Vierte Ordnung. Phalangita.

Das Kopfbruststück ist nur undeutlich vom Hinterleib geschieden, der Hinterleib durch ziemlich ausgeprägte Hautfurchen geringelt. Die langen Taster bestehen aus 5 Gliedern, die Kieferfühler tragen zwei Scheeren. Bei den meisten liegen auf einem Vorsprung des Kopfbruststückes zwei Augen. Die acht Beine sind gewöhnlich ausnehmend lang.

Einzige Familie mit den Gattungen: Trogulus, Gonyleptes und Phalangium.

Fünfte Ordnung. Araneae.

Der Hinterleib der Spinnen ist ganz ungegliedert und hängt durch einen dünnen Stiel mit dem Kopfbruststück zusammen. Die Fühlerkiefer bestehen aus einem dicken Basalstiele und einem durchbohrten Klauengliede. Zwei oder vier Luftlöcher, welche ganz am unteren Vorderrand des Hinterleibes liegen, führen in die sog. Lungen. Am Hinterende, unter dem After, finden sich 4 oder 6 gegliederte conische Warzen, die Spinnwarzen, die auf der Spitze zur Durchführung der Spinnmaterie siebförmig durchbrochen sind. Alle, mit Ausnahme der Jagdspinnen, verfertigen ein Gewebe.

Familien: Dipneumones (Tubitelae, Orbitelae, Laterigradae, Citigradae und Saltigradae) und Tetrapneumones.

Sechste Ordnung. Arthrogastores.

Wenigstens der Unterleib, gewöhnlich auch der Cephalothorax gegliedert.

Familien: Pseudoscorpiones, Solpugida, Phrynidae und Scorpionidae; letztere Familie wegen Scorpio europaeus bemerkenswerth, da diese früher als Scorpiones officinell waren.

Elfte Klasse.

Die Tausendfüßer. Myriopoda.

Nur eine Ordnung mit den Familien Chilognatha und Chilopoda.

Zwölfte Klasse.

Die Insecten. Insecta.

Erste Ordnung. Parasitica.

Beide Geschlechter sind ungeflügelt; ohne Metamorphose; parasitisch auf anderen Thieren.

Familien: Pediculina (Pediculus, die Laus) und Mallophaga (Philopteridae und Liotheidae.

Zweite Ordnung. Thysanura.

Die Lappenschwänze bestehen keine Metamorphose; beide Geschlechter bleiben ungeflügelt; der Körper behaart oder beschuppt; mit nur schwach entwickelten Augen.

Familien: Poduridae und Lepismidae.

Dritte Ordnung. Aphaniptera.

Die Flöhe besitzen als Flügelrudimente vier kleine Platten, wovon die hinteren am Hinterbrustring aufsitzenden die größten sind. Der Leib ist zusammengedrückt; die Füße sind fünfgliedrig, die Fühlhörner sehr klein, die Mundtheile zum Saugen, die Oberkiefer und Zunge lang und borstenförmig und bilden den eigentlichen Stech- und Saugrüssel, neben welchem die Unterkiefer als kleine dreieckige Platten mit ihren viergliedrigen Tastern stehen. Die Verwandlung ist vollkommen.

Einzige Familie: Pulicidae mit der Gattung Pulex (Floh).

Vierte Ordnung. Hederoptera.

Die Wanzen haben vier Flügel; die Basis der Vorderflügel ist lederartig, die Spitze häutig. Der Mund ist zum Saugen; die Unterlippe bildet einen Kanal, in welchem 4 feine Borsten, die Ober- und Unterkiefer liegen; Unterkiefer- und Lippentaster fehlen ganz oder sind mehr oder weniger verkümmert. Die dreieckige Oberlippe bedeckt die Basis des Rüssels. Der Körper ist meist von Oben zusammengedrückt. Die Füße sind kurz und bis dreigliedrig. Die Metamorphose ist unvollkommen; die Larven haben keine Spur der Flügel, welche während der Puppenzeit wachsen.

Erste Unterordnung: Hydrocores oder Wasserwanzen. Die Fühler sind klein und liegen gewöhnlich unter den Augen verborgen. Der Rücken ist gewölbt, bei einigen gekielt, der Bauch flach. Meist von schmutzig brauner oder schwärzlicher Farbe; sie leben sämmtlich im Süßwasser und müssen, um zu athmen, an die Luft kommen.

Familien: Notonectidae und Nepidae.

Zweite Unterordnung: Geocores oder Landwanzen. Sie unterscheiden sich von den Wasserwanzen durch die Größe ihrer borsten- oder fadenförmigen Fühler, die immer länger als der Kopf sind, und durch die Beschaffenheit ihrer Füße, die zum Laufen und Gehen eingerichtet sind. Meist auf der Erde, nur wenige auf dem Wasser, nie im Wasser lebend.

Familien: Hydrometridae, Reduviadae, Membranacea, Capsini, Lygaeidae, Coreidae und Scutelleridae.

Fünfte Ordnung. Homoptera.

Stimmt in mehreren charakteristischen Kennzeichen, in der Beschaffenheit der Mundwerkzeuge und in der unvollkommenen Verwandlung mit der vierten Ordnung überein, die vier Flügel sind aber, wenn sie vorhanden, ganz häutig; der Körper ist gewölbt. Nur auf und von Pflanzen lebend.

Familien: Coccidae (mit der Gattung Coccus und den Arten: Coccus Cacti, welcher die Coccionella [vergl. Bd. 1. S. 744], liefert, Coccus Ilicis, woraus die sog. Grana Chermes [vergl. a. a. O. S. 746] bestehen und Coccus Lacca, wovon der Stocklack und Körnerlack, so wie die Schellackarten [vergl. a. a. O. S. 618] stammen, Phytophthires (Aphididae und Psyllidae), Cercopidae, Fulgoridae und Cicadidae; aus letzterer Familie die Gattung Cicada bemerkenswerth, die in Südeuropa auf Eschen lebt, diese ansticht und den Ausfluß der Manna (s. a. a. O. S. 675) veranlaßt.

Thysanoptera sind zu einer Ordnung erhoben, die zwischen den beiden vorhergehenden Ordnungen einzuschalten ist. Der Körper ist lang, schmal und flach. Die Unterkiefer mit ihren zwei- bis dreigliedrigen Tastern sind fast mit dem Kinn verwachsen; die Unterlippe hat zwei zweigliedrige Taster; die Oberkiefer sind in zwei hornige Borsten verwandelt. Die Flügel von gleicher Form und Größe, lang und schmal, die vorderen aber gewöhnlich derber und undurchsichtiger. Die Füße zweigliedrig, ganz ohne Krallen, wogegen das zweite Glied einen Haftlappen oder Saugnapf trägt. Die Metamorphose ist unvollkommen. Leben auf Bäumen besonders und sind kaum eine Linie lang.

Gattungen: Phlocothrips, Heliothrips, Thrips u. A.

Sechste Ordnung. Orthoptera.

Die Vorderflügel der Geradflügler sind lederartig und dienen als Flügeldecken, die Hinterflügel aber häutig und in der Ruhe fächerartig gefaltet. Die Mundwerkzeuge sind kauend und kräftig entwickelt; der linke Oberkiefer ist oft stärker als der rechte; am Unterkiefer bildet der äußere Theil des vierten Gliedes den sog. Helm, hinter welchem das hornige Kaustück liegt. Der Kopf groß, die Augen meist groß und hervorgequollen, der an und für sich sehr verschieden gebildete Vorderbrustring groß und für sich allein gelenkig. Sie haben eine unvollkommene Metamorphose; die Larven gleichen sehr den ausgebildeten Thieren, nur daß sie kleiner und ungeflügelt sind; sie häuten sich öfters; die Puppen unterscheiden sich von ihnen nur durch den Besitz kurzer Flügel und durch eine größere Lebendigkeit und Gefräßigkeit; nach der letzten Häutung, gewöhnlich der sechsten, haben die Flügel den gewöhnlichen Umfang erreicht. Sämmtlich Landbewohner.

A) Cursoria oder Läufer. Die Hinterbeine sind den vorderen gleich gebildet, zum Laufen, alle Füße fünfgliedrig.

Familien; Blattidae, Mantidae und Phasmidae.

B) Saltatoria oder Springer. Die Hinterbeine verlängert und namentlich in den Schenkeln verdickt.

Familien: Acrididae, Locustidae und Achetidae.

Die Gruppe „Forficulina oder Ohrwürmer" schließt sich den Geradflüglern am nächsten an. Die Flügel sind ein Paar kurze, fast viereckige, lederartige Lappen, welche die fast oval abgerundeten, mit vielen radiären Adern durchzogenen Hinterflügel nicht vollständig bedecken. Mundtheile, Kiefer und Helm stimmen mit denen der Geradflügler. Die Fühler sind von halber Körperlänge, der Hinterleib ist lang und endigt mit einer Zange.

Gattung: Forficula mit einigen Untergattungen.

Vierte Ordnung. Neuroptera.

Die Netzflügler haben vier gleich beschaffene häutige, mehr oder minder dicht netzartig geaderte Flügel; die Mundtheile schließen sich, wenn sie überhaupt ausgebildet, an die der Geradflügler an und sind mitunter sehr kräftige Beißwerkzeuge, geben jedoch keinen allgemeinen Charakter an. Die Weibchen besitzen weder Legescheide noch einen Stachel am Hinterende. Die Körperbedeckungen sind meist weich.

Erste Unterordnung: Neuroptera hemimetabola. Netzflügler mit unvollkommener Verwandlung.

Familien: Termitidae, Psocidae, Perlidae, Ephemeridae und Libellulidae.

Zweite Unterordnung: Neuroptera holometabola; mit vollkommener Verwandlung.

Familien: Megaloptera, Rhaphidiadae, Panorpidae, Sialidae und Phryganeidae.

Fünfte Ordnung. Strepsiptera.

Diese nur aus wenigen Gattungen bestehende Ordnung zeigt auffallende und höchst merkwürdige Eigenthümlichkeiten. Die Männchen sind allein geflügelt, jedoch nur die Hinterflügel entwickelt und die vorderen als Stummel vorhanden; ihre Mundtheile sind unvollständig. Man findet sie flatternd in Wespennestern oder am Körper einzelner Wespen, wo sie die Weibchen aufsuchen. Diese bekommen nie Flügel, bleiben vielmehr in ihrem letzten Entwicklungsstadium immer larvenähnlich; Kopf und Brust sind verschmolzen, haben eine härtere Bedeckung und ragen zwischen den Hinterleibsringen mehrerer Wespenarten hervor, während der weiche Hinterleib in den Körper der Wespen, welche sie zeitlebens bewohnen, hineinragt. Hinter der ganz unbewaffneten Mundöffnung der Weibchen findet sich eine zweite spaltförmige Oeffnung, die in einen Brutkanal führt, welcher sich in den Hinterleib erstreckt und mit der Hinterleibshöhle durch mehrere offene röhrenförmige Fortsätze communicirt. Die Larven beiderlei Geschlechtes sind nach dem Verlassen des Eies sechsbeinig und befinden sich in der Leibeshöhlung der Mutter, gelangen dann durch die erwähnten Röhren in den Brustkanal und von da nach außen, lassen sich von den Wespen nach deren Nester tragen und schlüpfen hier in die weichen Wespenlarven ein, um in ihnen bei einer Häutung die Füße zu verlieren und sich einzupuppen. Die

Puppen ragen zwischen den Segmenten der inzwischen entwickelten Wespen hervor; die Weibchen bleiben sitzen und die Männchen entschlüpfen nach Abstreifung der Puppenhülle.

Gattungen: Xenos, Stylops u. A.

Sechste Ordnung. Diptera.

Zur Ordnung der Zweiflügler gehören alle diejenigen Insecten, deren Vorderflügel allein ausgebildet und deren Hinterflügel auf ein Paar kurze, mit einem Knöpfchen endigende Stiele, sog. Schwingkölbchen, reducirt, deren Mundtheile, da die tasterfreien Lippen eine innen mit borsten- oder lanzettförmigen Kiefern besetzte Röhre oder einen Rüssel bilden, zum Saugen und Stechen eingerichtet und deren Füße dreigliedrig sind, deren Vorderbruftring einen schmalen Ring, den sog. Halsring, bildet und deren Verwandlung vollkommen ist. Die Gegend des Kopfes zwischen den Fühlern, den Augen und dem Mund bildet das Untergesicht; die Wangen liegen unter den Augen neben dem Untergesicht; ein Halbkreis von Borsten oder Haaren über den Mund bildet den Knebelbart. Die zusammengesetzten Augen sind sehr groß und nehmen besonders bei den Weibchen nicht selten den größten Theil des Kopfes ein; 3, seltner 2 Nebenaugen sind vorhanden; die Fühlhörner sind sehr verschieden. Der Mund, welcher nur zur Aufnahme flüssiger Nahrungsstoffe geeignet ist, bildet durch die Unterlippe einen gewöhnlich gekrümmten Kanal, an dessen Basis die ein- bis fünfgliedrigen Unterkiefertaster stehen und in und auf dem die Zungen, die Kiefern und die Oberlippe liegen. Das Hauptsegment der Brust ist das die Flügel tragende mittlere, was häufig von oben her allein zu sehen ist. Die Schwingkolben können von einem Schüppchen bedeckt sein. Der Hinterleib besteht aus 5—9 Segmenten, von denen das letzte bei den Männchen häufig eine einem Fernrohr ähnliche Legeröhre bildet. Die Larven sind fußlos; Maden.

A) Nemocera. Die Fühlhörner bestehen aus wenigstens sechs Gliedern; die Taster sind vier- oder fünfgliedrig.

Familien: Culicidae und Tipulidae (Culiciformes, Mycetophilidae und Terricolae).

B) Brachycera. Die Fühlhörner sind gewöhnlich kürzer als der Kopf, ihre Endglieder entweder nur undeutlich geschieden oder vollständig zu einer Borste verschmolzen, welche auf einem oder zwei Grundgliedern steht; die Lippentaster sind zwei- oder dreigliedrig.

a) Notacantha. Die Fühlhörner scheinbar nur dreigliedrig, das letzte Glied besteht aber wiederum aus mehreren Ringeln. Im Rüssel 2 bis 4 Borsten.

Familien: Stratiomydae und Beridae.

b) Tanistoma. Die Fühlhörner dreigliedrig, auf dem Endglied eine Borste. Rüssel vorstehend, mit 4 oder 6 Borsten.

Familien: Tabanidae, Bombycidae, Empydae, Tachydromidae, Asilidae, Leptidae, Anthracidae, Acroceridae, Hybotidae, Mydasidae, Therevidae, Dolichopidae und Scenopinidae.

c) Athericera. Fühlhörner zwei- oder dreigliedrig, mit einer Endborste; der Rüssel gewöhnlich in die Mundhöhle zurück-

gezogen. Die Larven legen bei ihrer Verpuppung die Haut nicht ab, sondern formiren sie zu einer ovalen oder faßähnlichen Hülle, deren Deckel das vollkommene Insect aufsprengt.

Familie: Syrphidae, Conopidae, Muscidae und Oestridae.

C) Pupipara. Die Larven verpuppen sich schon im Leibe der Mutter. Der feine Rüssel ist von zwei seitlichen Klappen bedeckt; Taster fehlen; die Fühler stehen in Vertiefungen der Vorderstirn; der Leib ist mit einer zähen, lederartigen Haut bedeckt; das Rückenschild hat vorn einen Ausschnitt zur Aufnahme des Kopfes; die Beine sind stark und mit zwei- oder dreizähnigen Fußkrallen besetzt. Alle leben als Schmarotzer von anderen Thieren.

Einzige Familie. Hippoboscidae.

Siebente Ordnung. Lepidoptera.

Die Schmetterlinge haben vier große häutige, auf der Ober- und Unterfläche mit mikroskopischen Schüppchen bedeckte Flügel; Lippen, Oberkiefer und Unterkiefertaster sind rudimentär; die Unterkiefer bilden eine lange Zunge. Metamorphose vollkommen. Der Kopf ist im ausgebildeten Zustand verhältnißmäßig klein und seine Verbindung mit der Brust sehr schmal. Fühler von sehr verschiedener Bildung; Netzaugen groß und hervorragend; Oberlippe eine kleine, weit auseinander stehende Stummel, Unterkiefer mit wenigen Ausnahmen sehr verlängert und jeder derselben eine Halbröhre bildend, welche beide aneinander gelegt eine vollständige Röhre, die Zunge, bilden; ihnen zur Seite sind die sehr kurzen Kiefertaster; die Unterlippentaster sind weit mehr entwickelt, in der Regel stark behaart und nach Oben gerichtet. Die Brustsegmente sind eng mit einander verbunden; nur das erste steht als schmaler Ring, als Halsband ab; das mittlere ist immer das größte. Zwei zu Seiten des Mittelbrustringes oberhalb der Basis der Vorderflügel eingelenkte dreiseitige Lappen heißen die Flügelschuppen. Die den Leib und die Flügel bedeckenden Schüppchen sind von sehr verschiedener Form, sitzen meist mit einem Stiel in einer Vertiefung und sind der Länge nach gerieft oder gefurcht; sie bedingen die mannichfaltigen Färbungen und fehlen nur bei wenigen Thieren an den Flügeln theilweise oder gänzlich; bei einigen und namentlich dann bei den weiblichen Thieren mangeln selbst die Flügel. Die Beine haben immer 5 Glieder und am oberen Ende der Schienbeine finden sich 2 Stacheln oder Sporen; der Hinterleib ist sechs- oder siebengliedrig und endigt mit einem Stachel, selten mit einer Legeröhre. Die Larven heißen Raupen und bestehen aus 13 Segmenten, von denen das erste den Kopf bildet und das 2te, 3te und 4te der Brust des Schmetterlings entsprechen und jedes ein Paar kurze, gegliederte, mit Krallen besetzte Beine trägt; außerdem haben die Raupen, jedoch nie am 5ten, 6ten, 11ten und 12ten Segment, mehrere Paare saugnapfähnlicher Beine, und 9 Paar Luftlöcher. Die Mundtheile sind beißend und besonders die Oberkiefern stark. Die Puppen haben ein eben so verschiedenes Aussehen wie die Raupen.

Erste Unterordnung: Heterocera. Fühlhörner von sehr verschiedener Gestalt, meist jedoch borsten- oder fadenförmig und gewöhnlich bei beiden Geschlechtern abweichend; Hinterflügel meist mit einem Halter,

d. h. mit einer längeren hornigen Borste oder einem Bündelchen Haare versehen, die in eine Vertiefung oder in einen Ausschnitt des Vorderflügels passen und beide Flügel enger mit einander verbinden. Die Puppen zeigen gewöhnlich keine eckigen Erhabenheiten und liegen von einem Cocon umgeben, häufig in der Erde. Die Schmetterlinge fliegen meist in der Morgen- und Abenddämmerung und in der Nacht, obgleich diese Eigenschaft durchaus keine allgemeine ist.

Familien: Pterophoridae, Tineidae, Tortricidae, Pyralidae, Geometridae, Noctuidae, Bombycidae (Psychidae, Pseudobombyces und Bombyces), Hepiolidae, Sesiadae, Zyganidae und Sphingidae.

Zweite Unterordnung: Rhopalocera. Die dünnen verlängerten Fühler mit einem Knopf oder einer Keule endigend; die Flügel in der Ruhe ganz, selten nur halb aufgerichtet; die Hinterschienen an den Spitzen mit zwei, bei den Hesperiaden nach unten hin noch mit zwei anderen Stacheln besetzt; nur bei Tage fliegend. Die Larven sind verschieden gebildet, haben aber stets 16 Beine; die Puppen sind gewöhnlich eckig und nackt und werden wegen der glänzenden Farben einiger vorzugsweise Chrysalis oder Aurelia genannt.

Familien: Hesperiadae und Papilionidae (Suspensae und Succinctae).

Achte Ordnung. Hymenoptera.

Die Hautflügler haben vier nackte häutige Flügel; die hinteren sind kleiner als die verhältnißmäßig weniger geaderten vorderen. Der Mund hat hornige Kiefern; die mehr oder weniger verlängerte Lippe oder Zunge ist scheibenartig von den Unterkiefern umgeben; die Füße sind stets fünfgliedrig. Der Hinterleib der Weibchen ist mit einer Legeröhre oder mit einem Stachel versehen. Sie machen eine vollkommene Verwandlung durch. Außer den gewöhnlich ansehnlichen zusammengesetzten Augen haben sie noch drei einfache; die Fühlhörner sind nicht constant gegliedert und von sehr verschiedener Beschaffenheit, bei den Weibchen aber mehr entwickelt. Der Kaurand der Oberkiefer ist gezähnelt und diese sind nicht selten unsymmetrisch und dienen mitunter nur zum Nesterbau, nicht zum Kauen; die Unterkiefer sind nicht zum Kauen geeignet, sondern bilden mit der Unterlippe einen verlängerten Rüssel, womit die flüssige Nahrung aufgenommen wird. Der Kopf ist gewöhnlich quer gestellt und schmäler als die Brust; der Vorderbrustring ist sehr klein, der Mittelbrustring mit dem Hinterbrustring eng verbunden. Die Flügel unterscheiden sich von denen der Neuropteren schon durch die geringere Zahl der Adern, welche so wie auch die durch sie gebildeten Zellen besonders an den Vorderflügeln charakteristisch und für die Systematik von Wichtigkeit sind. Die vorderste von der Basis des Flügels auslaufende Ader heißt Randader, bildet das dunklere feste Randmal und mit ihr parallel läuft die Subcostalader; sie schließen die Randzelle ein. Die hinter und nach Außen von dem Randmale liegenden Zellen (1 bis 3) heißen Radialzellen und die hinter dieser oder hinter ihr und der Randzelle liegenden die Cubitalzellen (höchstens 4), die sie unter einander trennenden Nerven aber die Scheidenerven; auf die Cubitalzellen folgen die Discoidalzellen und die

Verbindungsadern zwischen beiden heißen rücklaufende Adern. Die Hinterflügel zeigen immer wenigere Zellen und haben am Vorderende eine Reihe kleiner Borsten, welche unter dem Hinterrand der Vorderflügel eingreifen und dadurch eine festere Verbindung zwischen beiden und eine continuirliche Oberfläche derselben bilden. Mit der Brust ist der Hinterleib entweder verwachsen, wenn er seiner ganzen Breite nach verbunden, oder sitzend, wenn er an der Basis etwas schmäler, oder gestielt, wenn die Basis noch dünner und verlängerter ist. Viele Weibchen sind mit einer Legeröhre oder einem Bohrer versehen, womit sie die Eier in fremde Körper einbringen; eine Modification dieses Bohrers ist der Stachel, welcher jedoch weit kürzer ist und in den Leib zurückgezogen zu sein pflegt; durch diesen Apparat lassen sich die Geschlechter am besten unterscheiden. Die Individuen ein und derselben Art weichen in der Größe oft bedeutend von einander ab. Die Larven sind gewöhnlich kopf- und fußlose, weißliche, weiche Maden und nur bei einigen Gattungen haben sie Füße (6 bei Sirex, 16 und mehr bei Tenthredo). Durch die Mannichfaltigkeit der Formen entstehen viele Unterabtheilungen.

Erste Unterordnung: Terebrantia. Die Weibchen haben eine Legeröhre, welche mehr oder weniger verlängert ist und mit Drüsen in Verbindung steht, deren Secret zwar nicht besonders giftig ist, jedoch eine bestimmte betäubende oder reizende Wirkung auf die angestochenen Thiere oder Pflanzen äußert. Der Schenkelkopf ist vom Schenkel losgelöst, so daß scheinbar ein doppelter Schenkelring vorhanden ist.

A) Phytophaga; Pflanzenwespen. Hinterleib verwachsen. Die nur von Vegetabilien lebenden Larven haben vollständige Kauorgane und 6 kurze, gegliederte Brustfüße nebst einer geringeren oder größeren Zahl von Bauchfüßen.

Familien: Tenthredinidae und Uroceridae.

B) Entomophaga; Schlupfwespen. Die Basis des Hinterleibs bedeckt nie den Grund der Hinterbeine, wodurch der Hinterleib sitzend oder gestielt erscheint. Die Larven leben meist parasitisch auf oder gewöhnlich in dem Leib anderer Insecten.

Familien: Cynipidae (mit der Gattung Cynips und den Arten: Cynips Rosae, den Rosenschwamm [vergl. Bd. 1. S. 569] veranlassend, Cynips quercus folii, durch seine Stiche an der Unterseite der Eichenblätter die kirschgroßen Auswüchse bedingend, und besonders Cynips tinctoria, die Veranlassung der Bildung von Galläpfeln [vergl. a. a. O. S. 573] an Quercus infectoria), Evaniadae, Ichneumonidae (Ichneumones adsciti und genuini), Chalcididae, Proctotrupidae und Chrysididae.

Zweite Unterordnung: Aculeata. Die Weibchen haben statt der Legeröhre einen mit Giftdrüsen in Verbindung stehenden Wehrstachel. Der Schenkelring ist einfach.

A) Praedones; Raubwespen. Das erste Glied der Hinterbeine ist nicht besonders ausgezeichnet, weder verbreitert, noch dicht mit Haaren besetzt.

a) Fossores oder Insectivora. Meist beide Geschlechter geflügelt; Flügel nicht gefaltet, Hinterleib nicht behaart.

Ohne Geschlechtslose. Die Weibchen machen Höhlen in der Erde u. s. w., in welche sie mit den Eiern zur Nahrung der Brut Larven, ausgebildete Insecten, auch Spinnen legen. Die Puppen sind von einem Cocon umgeben. Das entwickelte Thier ist sehr lebhaft und geht nach dem Nectar der Blumen.

Familien: Crabronidae, Bembecidae, Sphegidae und Mutillidae.

b) Sodales, nur aus der Familie Myrmecidae bestehend, deren Gattung Formica, Art Form. Rufa, die Ameisen (s. a. a. O. S. 745) in der Arzneiwissenschaft liefert.

c) Diplopteryga. Die Flügel sind in der Ruhe der ganzen Länge nach gefaltet. Beide Geschlechter, so wie die Arbeiter der geselligen Arten sind geflügelt.

Familien: Eumenidae und Vespidae.

B) Anthophila. Das Grundglied der Hinterbeine zusammengedrückt und breit, eine längliche oder fast dreieckige Platte bildend, häufig an der Innenseite dicht behaart, um Blumenstaub zu sammeln. Unterkiefer und Unterlippe verlängert und häufig einen Rüssel bildend. Die vier vorderen Unterschenkel haben oft einen Stachel, die zwei Hinterschienen zwei, die Gattung Apis ausgenommen. Die Larven leben nur von Pollen und Honig und auch die ausgebildeten Insecten nähren sich nur vom Honig.

Familien: Andrenidae und Melitidae (Solitaria und Socialia, letztere mit der Gattung Apis, Art Apis mellifica, Honigbiene, welche bekanntlich den Honig und das Wachs [vergl. a. a. O. S. 779 und 784] präparirt).

Neunte Ordnung. Coleoptera.

Die Vorderflügel der Käfer sind wahre Deckflügel, horn- oder lederartig und bedecken in der Ruhe horizontal aufliegend die Hinterflügel, welche häutig und der Länge und Quere nach gefaltet sind; die Mundtheile beißend. Die Verwandlung ist vollkommen. Die Form der Fühlhörner ist außerordentlich verschieden; sie bestehen jedoch gewöhnlich aus 11 Gliedern. Die zusammengesetzten Augen sind groß und liegen seitlich; Punctaugen fehlen. Der Vorderbrustring ist das größte Körpersegment, der Mittelbrustring kurz und von ihm in der Ruhe nur das dreieckige Schildchen sichtbar, der Hinterbrustring wieder größer. Der Hinterleib ist mit der ganzen Breite der Brust angewachsen und läßt gewöhnlich 6 oder 7 Segmente sehen, auf deren Rückenseite die Luftlöcher liegen. Die Larven gleichen im Allgemeinen kurzen, dicken Würmern und haben gewöhnlich 3 Paar Beine, welche denen des entwickelten Thieres entsprechen. Die Mundtheile sind sehr kräftig, die übrigen Kopforgane aber mehr oder weniger unentwickelt. Am kräftigsten sind die Beine bei den Larven der Fleischfresser, während sie bei den Pflanzenfressern nur in kleinen Stümpfchen bestehen oder gänzlich fehlen; das hinterste Segment trägt oft Hörner und andere Anhänge und an der Unterseite einen fleischigen, rectractilen Höcker, der als Bein benutzt wird. Die Puppe ist schmutzig weiß, ruht

und liegt oft in einem aus Erde oder Holzstückchen verfertigten Cocon; man sieht an ihr alle Organe des entwickelten Thieres, da sie in besonderen Schichten liegen.

A) Pseudotrimera, haben scheinbar nur 3 Fußglieder, jedoch liegt ein viertes über dem letzten und ist bei der gewöhnlichen Stellung der Füße nicht zu sehen.

Familien: Coccinellidae und Fungicolae.

B) Pseudotetramera, haben scheinbar nur 4 Fußglieder, aber in der That noch ein fünftes, das nur selten vollständig verkümmert. Das rudimentäre vierte Glied liegt in einem tiefen Einschnitt an der Basis des dritten Gliedes. Sämmtliche sind Pflanzenfresser.

Familien: Chrysomelina (a. Cyclica: Chrysomelidae, Galerucida und Cassididae; b) Eupoda: Crioceridae), Longicornia (Lepturidae, Cerambycidae und Prionidae), Bostrichidae und Rhynchophora Curculionidae, Attelabidae und Bruchidae).

C) Heteromera, die 4 vorderen Füße sind 5gliedrig, die Hinterfüße 4gliedrig. Meist Pflanzenfresser.

a) Atrachelia. Hinterkopf breit, meist bis an die Augen von dem Vorderbrustring bedeckt. Flügeldecken fest.

Familien: Stenelytra (Cistelidae und Helopidae), Taxicornia (Cossyphidae und Diaperidae) und Melanosomata (Tenebrionidae, Blapsidae und Pimeliidae).

b) Trachelia. Kopf gewöhnlich hinter den Augen ansehnlich erweitert und dann plötzlich zu einem Hals zusammengeschnürt; Hüften häufig verlängert.

Familien: Cantharidia (Melvideae [wovon die Gattungen Lytta wegen der Spanischen Fliegen (s. a. a. O. S. 742) und Meloë wegen der Maikäfer (s. a. a. O. S. 747) bemerkenswerth], Mordellidae, Horiidae und Pyrochroidae).

D) Pentamera. Mit wenigen Ausnahmen sind alle Füße fünfgliederig.

Familien: Serricornia (Lymexylonidae, Ptinidae, Cleridae, Melyridae, Lampyridae, Elateridae und Buprestidae), Lamellicornia (Cetoniadae, Melolonthidae, Dynastidae, Geotrupidae, Copridae und Lucanidae), Clavicornia (Histeridae, Byrrhidae, Dermestidae, Nitidulidae und Silphidae), Brachelytra (Staphylinidae, Stenidae, Oxytelidae, Omaliidae und Pselaphidae), Palpicornia (Sphaeridiadae, Hydrophilidae und Helophoridae), Hydrocanthari (Gyrinidae und Dyticidae) und Carabicina (Carabidae und Cicindelidae).

Typus der Weichthiere.

Dreizehnte Klasse.

Die Moosthiere. Bryozoa.

Einzige Ordnung.

Familien: Tubuliporina, Flustracea und Halcyonellina.

Vierzehnte Klasse.

Die Mantelthiere. Tunicata.

Erste Ordnung. Ascidiae.

Bei den Seescheiden sind Kiemen- und Kloakenöffnung nahe oder ziemlich nahe bei einander, nie diametral entgegengesetzt. Die Kiemenöffnung führt in einen großen Sack, in dessen Grund erst die eigentliche Mundöffnung liegt, so daß alle Nahrung durch die Kiemenhöhlung gehen muß. Der Darmkanal bildet eine in die innere Hülle hinabhängende Schlinge, deren letztes Ende, der Mastdarm, mehr oder weniger weit neben dem Kiemensack heraufsteigt und in eine Kloake einmündet, durch welche auch die Geschlechtsprodukte entleert werden. Nur in früher Jugend mit freier Bewegung, später am Meeresgrund in der Nähe der Küsten festsitzend.

Familien: Ascidiae compositae, Ascid. sociales, Ascid. simplices und Luciae.

Zweite Ordnung. Thaliadae.

Die Körperhüllen der Salpen sind stets glashell durchsichtig und bilden eine an beiden Enden offene Röhre, in welcher die Kieme diagonal ausgespannt liegt. Die Locomotion wird durch Aufnahme des Wassers in die vordere, gewöhnlich breitere, spaltförmige Oeffnung und plötzliches Ausstoßen desselben durch die hintere Oeffnung mittels mehrerer, die innere Hülle (den Athemsack) umgebender, gürtelförmiger Ringmuskeln bewerkstelligt, indem zugleich dabei die Vorderöffnung durch eine Klappe geschlossen wird. Nicht weit von dieser Oeffnung liegt der Nervenknoten, ihm entgegengesetzt und auf der anderen Seite der Höhle das Eingeweideconvolut mit der Mundöffnung dicht über dem hinteren Ende der Kieme; auch der After mündet in die Athemhöhle. Zu jeder Salpenspecies gehören zwei Formen, Einzelthiere und sog. Ketten, welche aus zwei Reihen organisch mit einander verbundener Individuen bestehen.

Gattung: Salpa u. A.

Fünfzehnte Klasse.

Die kopflosen Weichthiere. Acephala.

Erste Ordnung. Brachiopoda.

Die beiden Mantellappen der Armfüßer vertreten zugleich die Stelle der Kiemen, indem sich die Kiemengefäße auf ihrer inneren Fläche verbreiten. Neben der weit von dem Schalenrande zurückgezogenen Mundöffnung befinden sich zwei, in der Ruhe spiral eingerollte, tentakelartige Organe, die sog. Arme, die mit Cirren und Franzen besetzt sind. Sämmtliche Bewohner der Meere in größeren Tiefen und mittels eines sehnigen Stieles oder einer der gewöhnlich ungleichen Schalen befestigt.

Gattungen: Lingula, Terebratula, Crania, Orbicula und Thecidea.

Zweite Ordnung. Lamellibranchiata.

Die Mantelblätter der Muschelthiere vertreten nicht die Stelle der Kiemen, welche als 2 Paar Blätter, die auch mitunter kammartig zerschlissen sind, zwischen Mantel und Rumpf liegen. Die Muschelschalen bilden da, wo sie mit einander verbunden sind, das Schloß, während das Uebrige den Rand bildet; am Schloß befinden sich die zwei Wirbel, mit welchen die Wachsthumslinien concentrisch sind; hinter ihnen liegt das elastische Band, das beim Erschlaffen der inneren Schalenmuskeln die Schalen öffnet. Die in irgend einer Weise sich auszeichnende Umgebung des Bandes heißt das Schildchen und der vor den Wirbeln gelegene Raum, wenn er auch in bemerkbarer Weise umschrieben ist, das Feldchen oder der Hofraum; sehr häufig greifen noch unterhalb dieser Theile Leisten oder Vertiefungen der Schalen, die Zähnchen, in einander und vermehren die Festigkeit des Schlosses. Die Schalen schließen sich durch eine oder zwei Muskeln, die quer von einer Schale zur anderen gehen und deren Ansatzstellen gewöhnlich durch mehr oder weniger scharf umschriebene Eindrücke bezeichnet sind. Das Vordertheil der Thiere entspricht der Lage dieser Regionen; der Wirbel ist also auf der Seite des Feldchens und Rückenseite und Schloßseite sind identisch. Die Mundöffnung befindet sich, wenn zwei Schließmuskeln vorhanden, unter der vorderen, bei einer Schließmuskel an der entsprechenden Stelle. Nach dem Schalenrande zu ist der Rumpf gewöhnlich beilförmig zusammengedrückt und bildet den mit seinem freien Ende nach vorn gerichteten Fuß; nicht selten geht von diesem, besonders wenn er klein und verkümmert ist, ein Büschel horniger Fäden, der Bart, womit die Thiere an anderen Gegenständen befestigt sind, aus. Wenn die Mantelränder theilweise mit einander verwachsen sind, so bleibt doch wenigstens vorn ein Schlitz offen, durch welchen der Fuß sich strecken und die Nahrung zum Munde gelangen kann, so wie hinten ein gleicher Schlitz für den Durchtritt des Unrathes und des Athemwassers. Auch ist am Hinterende der verwachsene Mantel häufig in zwei Röhren, in die obere Afterröhre und die untere Athemröhre, ausgezogen.

Erste Unterordnung: Monomyaria. Sie besitzen nur eine Schließmuskel und haben deßhalb in jeder Schale nur einen Muskeleindruck.

Familien: Ostracea (mit der Gattung Ostrea, Art Ostrea edulis, welche als Leckerbissen bekannt ist und deren Schalen als Conchae [vergl. Bd. 1. S. 761] officinell sind), Pectinea und Malleacea.

Zweite Unterordnung: Dimyaria. Mit zwei Schließmuskeln und zwei Eindrücken in jeder Schale.

Familien: Aviculacea (mit der Gattung Meleagrina, Art Meleagrina margaritifera, welche die Perlen und die Perlmutter [s. a. a. O. S. 769] geben), Mytilacea, Arcacea, Naiades, Chamacea, Cardiacea und Pylaridae.

Dritte Unterordnung: Inclusa, Röhrenmuscheln. Der Mantel wurmförmig verlängert, vorn mit einem kleinen Schlitz für den Fuß, hinten mit zwei langen, gewöhnlich verschmolzenen Röhren. Der

Mantel sondert außer der weißen, oft unregelmäßig kleinen Muschel gewöhnlich eine Kalkröhre ab.

Familien: Pholathea und Tubicolae.

Sechszehnte Klasse.

Die Schnecken. Cephalophora.

Erste Ordnung. Pteropoda.

Der Kopftheil der Flossenfüßer oft sehr undeutlich; die Bewegungs- und Schwimmorgane zwei seitlich unter dem Kopf befindliche flossen- oder flügelförmige Anhänge. Die Gehäuse dünn, durchsichtig und zerbrechlich.

Familien: Hyalaeacea und Clioidea.

Zweite Ordnung. Heteropoda.

Der nackte oder mit einem dünnen Gehäuse versehene Körper der Kielfüßer trägt am Bauch einen seitlich zusammengedrückten Fortsatz, den Fuß, auf dessen hinteren Rand ein Saugnapf befindlich ist, und der als Flosse und zum Anheften dient. Sie kehren gewöhnlich die Bauchseite mit der Flosse (Kiel) nach oben.

Familien: Firolidae und Atlantidae.

Dritte Ordnung. Gasteropoda.

Das Bewegungsorgan der Bauchfüßer ist eine gewöhnlich platte und breite, selten schmale, musculöse Sohle am Bauche. Sie besitzen meist ein Gehäuse, welches selten einfach napf- oder mützenförmig, sondern gewöhnlich spiralförmig gewunden ist; die letzte Windung, aus welcher das Thier hervortritt, ist größer als die vorhergehenden und bildet mit diesen das Gewinde, welches mit der letzten Windung, der Basis, in einer Ebene liegen kann, bei den meisten Arten aber sich über die Basis erhebt und mit einer abgerundeten oder scharfen Spitze endet. Nur selten berühren sich nicht einander die Windungen, oder doch nur durch wulstige, von Absatz zu Absatz aufgeworfene Ränder, oder legen sich so aneinander, daß die Innenseiten der Windungen eine von der Basis nach der Spitze sich erstreckende, mehr oder weniger kegelförmige Höhlung, den Nabel, einschließen. Sind die Windungen so weit genähert, daß kein tiefer Nabel entsteht, sondern sie sich in der Axe des imaginären Nabels selbst berühren, so bilden sie eine feste, von der Spitze zur Basis herabsteigende Säule, die Spindel (mit der jedoch auch ein mehr oder weniger vertiefter Nabel vorkommen kann); dabei verdecken die späteren Windungen die früheren mehr oder weniger und solche Gehäuse, bei denen nur die Spitze des Gewindes oder dieses selbst gar nicht gesehen werden kann, heißen eingerollte Gehäuse. An der Mündung ist der Außenrand und der Spindelrand zu unterscheiden und nicht selten wird durch letzteren der Nabel verdeckt; auch sind links gewundene und rechts gewundene Gehäuse zu unterscheiden. Viele Schnecken tragen an der Rückenseite des Fußes eine kalkige oder hornige Platte, den Deckel, womit sie, indem sie sich

zurückziehen, die Gehäusemündung verschließen können, was einige nur zeitweise, während des Winterschlafes, thun.

Erste Unterordnung: Gymnobranchiata; Nacktkiemer. Der Kopf meist nicht bestimmt vom Rumpf abgesetzt, oft undeutlich; nie eine Spur von Schale, höchstens Ablagerungen von Kalknadeln in der Haut. Kiemen entweder gar nicht vorhanden oder nur äußerlich, als Hautanhänge und Ausstülpungen. Bei den Gattungen, welchen die Kiemenanhänge fehlen, vertritt wahrscheinlich nur die Hautbedeckung die Stelle des Athemwerkzeuges. Alle sind Zwitter, die meisten schön gefärbt.

Familien sind wegen Meinungsverschiedenheiten noch unbestimmt;

Gattungen: Actaeon, Aeolis, Terpiges, Glaucus, Scyllaea, Tritonia, Thetis und Doris.

Zweite Unterordnung: Heterobranchiata. Kiemen mehr oder weniger frei an verschiedenen Körperstellen, unter dem Mantelrande oder unter besonderen, vom Mantel gebildeten Hautlappen. Nackt oder von einem meist sehr einfachen Gehäuse theilweise oder gänzlich bedeckt.

a) Hypobranchiata; Seitenkiemer. Sie sind meist nackt, haben eine breite Sohle und die blattförmigen Kiemen liegen jederseits oder nur auf einer Seite zwischen dem Mantelrande und der Sohle. Zwitter.

Familien: Phyllidiacea und Pleurobranchea.

b) Cyclobranchiata; Kreiskiemer. Die blättrigen Kiemen sitzen rings um den Körper unter dem Mantelrand; die Geschlechter sind getrennt, die Geschlechtsorgane aber einfacher, als bei den späteren Abtheilungen, da keine Begattungsorgane vorhanden sind.

Familien: Chitones und Patellina.

c) Aspidobranchiata; Schildkiemer. Die kammförmigen Kiemen liegen unter einer Mantelfalte mitten am Rücken oder links; der Rücken ist von einem napf- oder schildförmigen, selten etwas gewundenen Gehäuse bedeckt. Die Geschlechter sind getrennt. Herz mit zwei Vorkammern, durchbohrt vom Mastdarm.

Familien: Patelloidea und Haliotidae.

d) Pomatobranchiata; Dachkiemer. Die Kiemen rechts am Rücken unter einer Mantelfalte; der Mantel bedeckt häufig eine dünne Schale oder trägt ein äußeres kalkiges Gehäuse. Zwitter, nur im Meer lebend.

Familien: Acera und Aplysiacea.

Dritte Unterordnung: Tubicolae. Wurmartig verlängert und die Gehäuse den Röhren verschiedener Serpula-Arten ähnlich.

Familien: Cirrobranchiata und Aulobranchiata.

Vierte Unterordnung: Ctenobranchiata; Kammkiemer. In der Nackengegend in einer vorn weit geöffneten Höhle liegen die blättrigen Kiemen, deren Blätter wie die Zähne eines Kammes geordnet sind; einige sind doppelt gekämmt. Sie haben 2 Fühler und 2 häufig auf Stielen sitzende Augen; die Geschlechter sind getrennt. Sie besitzen ein gewundenes Gehäuse, das in dem Falle, wo der Mantel eine in

die Kiemenhöhle führende Athemröhre bildet, an der Mündung entweder einen Ausschnitt oder einen längeren oder kürzeren Kanal für die Athemröhre hat. Das Maul ist rüsselförmig.

Familien: Capuloidea, Sigaretina, Cerithiacea, Alata, Involuta, Conoidea, Buccinea, Cassidea, Muricea, Canalifera, Volutacea, Trochoidea, Neritacea und Pomatophila.

Fünfte Unterordnung: Pulmonata; Lungenschnecken. Sie sind mit Ausnahme der Operculaten Zwitter; ihr Athemorgan ist eine geräumige Höhle am Rücken mit einem besonderen Eingang; auf den Wänden der Höhle breiten sich zahlreiche Blutgefäße zur Luftathmung aus.

Familien: Amphipneusta, Operculata, Limnaeacea, Auriculacea, Helicina (mit der Gattung Helix, Art Helix pomatia, Weinbergsschnecke [vergl. Bd. 1. S. 746]) und Limacina.

Siebenzehnte Klasse.

Die Kopffüßer. Cephalopoda.

Erste Ordnung. Tentaculifera s. Tetrabranchiata.

§. 134. Sie haben vier Kiemen; ihr Mund ist mit zahlreichen contractilen, fühlerartigen Anhängen, deren jeder eine Scheide hat, umstellt. Sie besitzen ein äußeres, durch Querscheidewände in viele Kammern getheiltes, gerades, gekrümmtes oder spiralig gewundenes Gehäuse, in dessen letzter und größter Kammer das Thier wohnt. Die Kammerscheidewände sind durchbohrt oder es erstreckt sich eine Röhre durch alle Kammern hindurch; durch diese Löcher oder die Röhre begiebt sich auch ein von dem hinteren Theile des Mantelsackes ausgehender röhrenartiger Fortsatz, wodurch das Thier fest mit dem Gehäuse verbunden ist. Der sehr mannichfaltig verlaufende, gerade, gebogene oder faltig geknickte Rand der Querscheidewände bildet auf der Oberfläche des Gehäuses die für die Systematik wichtige Nahtlinie.

Familien: Nautilodea und Ammonitidae.

Zweite Ordnung. Acetabulifera s. Dibranchiata.

Haben nur zwei Kiemen und ihre um den Mund herumgestellte Arme tragen an der Innenseite Saugnäpfe. Bloß Argonauta besitzt eine äußere Schale, die übrigen haben innere kalkige, hornige oder knorpelige Skelettstöcke. Sie allein besitzen den Tintenbeutel, in welchem sich die Sepie, ein schwarzer Farbstoff, absondert, als Vertheidigungsorgan, indem sie ihn entleeren und das Wasser trüben; sie heißen daher Tintenfische.

Familien: Belemnitidae, Loliginea (letztere mit der Gattung Sepia, Art Sepia officinalis, das weiße Fischbein [vergl. a. a. O. S. 769] gebend) und Octopoda.

Typus der Wirbelthiere.

Achtzehnte Klasse.

Die Fische. Pisces.

Erste Ordnung. Leptocardii.

§. 135. Skelet häutig, knorpelig; ohne Kiefer. Eine Gehirnanschwellung nicht vorhanden, Gehirn und Rückenmark nicht zu unterscheiden. Ohne Herz, aber das ganze Gefäßsystem pulsirend; das Blut weißlich. Die Kiemen liegen in der Bauchhöhle, durch welche das Wasser aus einer besonderen Athmungsröhre wieder ausfließt; die Leber ist auf einen Blindsack des Darms reducirt und sämmtliche Schleimhäute flimmern.

Einzige Familie: Amphioxini.

Zweite Ordnung. Cyclostomi.

Das Skelet der Rundmäuler ist knorpelig und der Kopfknorpel ungetheilt. Sie haben keine Kiemenbogen; die Kiemen sind beutelförmig und festgewachsen und das Wasser fließt entweder durch mehrere Oeffnungen jederseits oder jederseits durch einen gemeinschaftlichen Kanal mit nur einer Oeffnung ab. Die Geschlechtsorgane bestehen nur in den Drüsen, denen die Ausführungsgänge fehlen. Der Arterienstiel ist ohne Muskelbeleg und hat an seinem Grund nur zwei Klappen. Der Mund ist rund oder auch halbkreisförmig. Brust- und Bauchflossen sind nicht vorhanden.

Familien: Hyperotreti und Hyperoartii.

Dritte Ordnung. Selachii.

Das Skelet ist knorpelig; der Schädel ohne Abtheilungen, aber mit Kiefern. Die Kiemen sind angewachsen und deßhalb eine Reihe von Kiemenlöchern, sowie auch die Kiemenbogen vorhanden, während ein besonderer Kiemendeckel fehlt. Die Gänge des Gehörlabyrinthes gehen bis zur Haut. Der Arterienstiel hat den Muskelbeleg und drei Reihen Klappen.

Erste Unterordnung: Holocephali. Nur eine Kiemenöffnung; der Oberkiefer nicht vom Schädel getrennt. Die Eier wie die der Haie und Rochen von einer hornigen Schale umgeben.

Familie: Chimaerae.

Zweite Unterordnung: Plagiostomi. Mundöffnung quer an der Unterseite; jederseits fünf Kiemenlöcher.

Familien: Rajidae (mit den Gattungen Trygon und Raja, Arten Trygon pastinaca und Raja clavata, beide aus den Lebern das Oleum Rajae*) gebend) und Squali.

---

*) Oleum Rajae; hellgelb, von 0,928 spec. Gewicht, in Weingeist und Aether löslich, ohne saure Reaction, vom Geruch des Fischthrans und angenehmer wie der Leberthran der Gadusarten schmeckend, reicher an Jod und Phosphor, als dieser; wird durch concentrirte Schwefelsäure anfangs hellroth, später violett gefärbt. Dient besonders in Frankreich als Leberthran.

Vierte Ordnung. Ganodiei.

Ausgezeichnet durch die vielfachen Klappen des mit einem Muskelbeleg versehenen Arterienstieles, durch die freien Kiemen mit Kiemendeckel, durch die abdominalen Bauchflossen und durch die Spiralklappen des Darmes, so wie dadurch, daß die Sehnerven nicht kreuzweise gehen. Entweder tragen sie tafelartige eckige oder runde, schmelzbedeckte Schuppen, oder Knochenschilder oder sie sind ganz nackt. Die Flossen sind oft am vorderen Rande mit einer einfachen oder doppelten Reihe von stachelartigen Tafeln oder Schindeln bedeckt; die Schwanzflosse nimmt zuweilen in den oberen Lappen das Ende der Wirbelsäule auf, welche sich bis an die Spitze des oberen Lappen fortsetzen kann. Die doppelten Nasenlöcher gleichen denen der Knochenfische. Mehrere haben ein accessorisches Athemorgan in einer Kiemendeckelkieme, was von der Pseudobranchie zu unterscheiden ist und mit dieser zugleich vorhanden sein kann; mehrere haben auch wie die Plagiostomen Spritzlöcher. Die Eier werden durch Tuben aus der Bauchhöhle geführt.

Erste Unterordnung: Chondrostei. Skelet zum Theil knorpelig.

Familien: Acipenserini und Spatulariae, erstere mit der Gattung Acipenser, deren verschiedene Arten in den Eingeweiden, besonders aber in der Schwimmblase die Hausenblase (s. B. 1. S. 763) liefern.

Zweite Unterordnung: Lepidosteini. Skelet knöchern.

Familie: Polypterini.

Fünfte Ordnung. Teleostei.

Die Kiemen der ächten Knochenfische sind außen frei, mit Ausnahme der der Lophobranchier kammförmig und mit Kiemendeckel versehen. Der Arterienstiel hat keinen Muskelbeleg, aber zwei Arterienklappen. Das Skelet ist knöchern. Die Sehnerven bilden ein Chiasma, d. h. sie gehen kreuzweise übereinander.

Erste Unterordnung: Lophobranchii. Schnauze röhrenförmig verlängert, Oberkiefer jedoch vollständig und frei. Kiemen kleine Büschel, welche paarweise an dem Kiemenbogen stehen; sie werden von einem großen, bis auf eine kleine zum Durchtritt des Wassers dienende Oeffnung von der Haut überzogenen Deckel bedeckt. Der Körper ist mit Schienen belegt und kantig. Kleine, fast fleischlose, im Meere lebende Fische.

Familie: Lophobranchii.

Zweite Unterordnung: Pectognathi. Ausgezeichnet durch die von allen übrigen Knochenfischen abweichende Hautbedeckung und durch enge Verwachsung der Oberkiefer mit den Zwischenkiefern. Der Kiemendeckel bis auf einen engen Kiemenspalt von der Haut bedeckt.

Familien: Sclerodermi und Gymnodontes.

Dritte Unterordnung: Physostomi. Weichflosser, deren Bauchflossen, wenn sie vorhanden, stets abdominal sind und deren Schwimmblase immer einen in den Schlund einmündenden Luftgang hat.

A) Physostomi apodes. Ohne Bauchflossen.

Familien: Gymnoti, Symbranchii und Muraenoidei.

B) Physostomi abdominales. Mit Bauchflossen.

Familien: Clupeidae, Mormyri, Esoces (mit der Gattung Esox, Art Esox lucius, die Hechtskiefern [s. Bd. 1. S. 769] gebend), Salmones (mit der Gattung Thymallus, Art Thym. Salmo, das Aeschenfett [s. a. a. O. S. 792] gebend), Characini, Cyprinoidei (mit der Gattung Cyprinus, Art Cypr. Carpio, von der früher die Karpfensteine, Lapides Carpionum, officinell waren), Cyprinodontes und Siluroidei.

Vierte Unterordnung: Pharyngognathi. Theils Weichflosser, theils Stachelflosser, deren untere Schlundknochen mit einander verwachsen; Bauchflossen theils am Bauch, theils an der Brust. Die Schwimmblase stets verschlossen, ohne Luftgang.

Familien: Scomberesoces, Chromides, Labroidei ctenoidei und Labroidei cycloidei.

Fünfte Unterordnung: Anacanthini. Weichflosser, deren Schwimmblase, wenn sie vorhanden, ohne Luftgang ist, deren Bauchflossen, wenn sie vorhanden, unter oder vor den Brustflossen stehen, und deren Schlundknochen getrennt sind.

Familien: Gadoidei (mit den Gattungen Gadus und Merlangus, von denen verschiedene Arten den Leberthran [s. a. a. O. S. 797] liefern), Ophidini und Pleuronectides.

Sechste Unterordnung: Acanthopteri. Stachelflosser mit getrennten unteren Schlundknochen. Bei den meisten stehen die Bauchflossen bei den Brustflossen. Die Schwimmblase ist, wenn sie vorhanden, stets ohne Luftgang.

Familien: Fistulares, Pediculati, Blennioidei, Gobioidei, Theutyes, Taenioidea, Squamipennes, Scomberoidei, Notacanthini, Mugiloidei, Labyrinthici, Sparoidei, Maenides, Sciaenoidei, Cataphracti und Percoidei (letztere mit der Gattung Acerina, Art Acer. cernua, welche früherhin die Kaulbarschknochen, Lapides Percarum lieferten.

Sechste Ordnung. Dipnoi.

Beschuppte Fische mit Lungen und Kiemen zugleich, deren Nasenlöcher sich in die Mundhöhle öffnen. In dem muskulösen Aortenstiel liegen Klappen longitudinal und spiral. Der Darm hat eine Spiralklappe. Die Eileiter öffnen sich in die Bauchhöhle. Das Skelet ist größtentheils knorpelig.

Einzige Familie: Sirenoidei.

Neunzehnte Klasse.

Die Amphibien. Amphibia.

Erste Ordnung. Ecaudata.

§. 136. Der Körper der Frösche ist kurz, wie abgestutzt, und stets schwanzlos. Sie haben 2 Paar Gliedmaßen, von denen die hinteren etwas oder viel länger als die vorderen sind. Die Haut ist glatt oder warzig und hängt nur lose um die Muskellagen des Körpers. Der Kopf ist breit

und abgeplattet, in der Regel weit gespalten und nie am Unterkiefer, oft aber an Oberkiefern und Gaumen mit Zähnen versehen; die fleischige Zunge ist entweder ganz fest gewachsen, oder nur hinten frei. Das Paukenfell ist häufig frei sichtbar. Die Wirbel sind durch Gelenke verbunden. Die Larven, sog. Kaulquappen oder Kaulpappen, sind geschwänzt und fußlos; ihr dicker Kopf geht ohne Hals in den Rumpf über; sie sind mit einem hornigen Schnabel versehen und Pflanzenfresser, die ausgebildeten Thiere dagegen Thierfresser.

Familien: Ranae (mit der Gattung Rana, Art Rana tempororia, von dem früher der Froschlaich angewendet wurde), Hylae, Bufones (mit der Gattung Bufo, Art Bufo cinereus, früher als getrocknete Kröten [vergl. Bd. 1. S. 741] officinell) und Pipae.

Zweite Ordnung. Caudata.

Der Körper der Schwanzlurche ist verlängert und mit einem langen Schwanze und 4, seltner 2 Gliedmaßen besetzt. Der After eine Längsspalte. Bei der Verwandlung treten die Vorderfüße zuerst hervor.

Familien: Salamandrina, Derotreta und Proteidea.

Dritte Ordnung. Apoda.

Der Körper der Schleichenlurche ist wurmförmig verlängert und ohne Füße und Schwanz; die Körperbedeckung geringelt; Afteröffnung fast an der Endspitze des Körpers. Die Wirbel sind denen der Fische ähnlich.

Einzige Familie: Coeciliae.

Zwanzigste Klasse.

Die Reptilien. Reptilia.

Erste Ordnung. Serpentes.

§. 137. Die Schlangen besitzen nur selten Rudimente der hinteren Gliedmaßen, niemals eine Spur der vorderen und des Brustbeins, wogegen die Rippen, deren Zahl mit der der Wirbel außerordentlich vermehrt ist, beweglich und zum Fortschieben der Thiere geeignet sind. Die Gesichts- und Gaumenknochen sind mehr oder weniger beweglich mit einander verbunden und der Unterkiefer besteht stets aus zwei getrennten Hälften. Die Zunge, welche nur als Tastorgan dient, ist von einer Scheide umgeben, weit vorstreckbar und spitzig. Der Augapfel ist von einem unbeweglichen, durchsichtigen Lid überzogen; ein äußeres Ohr fehlt. Der Rücken und Schwanz sind oben mit Schuppen, unten aber in der Regel mit längeren schmalen Schildern bedeckt und statt der Schuppen finden sich gewöhnlich auf dem Kopf eckige, durch Gestalt und Lage ausgezeichnete Schilder und Schildchen, welche nach den Stellen, welche sie bedecken, ohne jedoch den gleichnamigen Knochen zu entsprechen, benannt sind; das vorderste ist das Rüsselschild und hinter ihm liegen die Nasenschilder, worauf vorerst die Stirnschilder und dann die Scheitelschilder folgen; ferner werden auch noch Augendeckschilder, Zügel-, Schläfer- und Lippen-

schilder unterschieden. Das Herz ist weit vom Vorderende abgerückt und die eine Lunge sehr langstreckig geworden, während die andere ganz oder fast gänzlich verkümmert ist.

Erste Unterordnung: Stenostomi. Die Gesichtsknochen keiner besonderen Verschiebung, das Maul keiner bedeutenden Erweiterung fähig; die sog. Kinnfurche, am Vorderende der Unterkinnlade beginnend und bei der folgenden Abtheilung sehr bemerkbar, gar nicht vorhanden oder nur sehr gering. Der Kopf klein und wenig oder gar nicht vom Rumpf abgesetzt. Sind ganz unschädlich.

Familien: Typhlini, Uropeltini und Ilysiae.

Zweite Unterordnung: Eurystomi. Der Kopf vom Rumpfe abgesetzt, mit deutlicher Kinnfurche; die Kiefern nebst den Gaumenknochen und dem Stiele (Quadratbein), an welchem der Unterkiefer eingelenkt, ein verschiebbares Gerüste bildend; die beiden durch ein elastisches Band verbundenen Unterkieferhälften ziemlich weit von einander sperrbar und daher das Maul einer großen Erweiterung fähig. Es finden sich drei Arten von Zähnen; bei den giftlosen Schlangen sind sie weder hohl, noch mit einer von der Wurzel nach der Spitze verlaufenden Furche versehen, wogegen die Giftzähne, durch welche beim Biß das Gift in die Wunde ergossen wird, entweder in der angegebenen Weise gefurcht sind oder, und dann die ächten Giftzähne bildend, einen Kanal haben, der vor der Spitze in eine bis zur Spitze verlaufende Furche übergeht. Neben den ausgebildeten eigentlichen Gift- und Furchenzähnen, welche nur lose im Zahnfleische befestigt sind, stehen immer mehrere etwas kleinere und noch nicht ganz ausgebildete Ersatzzähne, die beim Verlust jener an deren Stelle treten. Die Giftdrüse liegt in der Schläfengegend und die Mündung ihres Ausführungsganges ist an der Wurzelöffnung des Giftkanales.

A) Innocui. Besitzen nur derbe und furchenlose Zähne; der Oberkiefer ist lang.

Familien: Pythonini und Colubrini.

B) Suspecti. Haben im Oberkiefer außer den derben Zähnen auch Furchenzähne.

Familie: Maligni.

C) Venenosi. Haben im Oberkiefer wahre Giftzähne.

Familien: Hydrini, Elapini, Viperini (mit der Gattung Vipera, Art Vip. berus, von welcher früher nicht allein das Vipernfett und die getrockneten Vipern [s. Bd. 1. S. 795], sondern auch die Vipernhäute, Knochen und Rückgrate im Gebrauch waren) und Crotalini.

Zweite Ordnung. Sauri.

Der Körper der Eidechsen ist verlängert, rundlich, mit Schuppen oder Knochenschildern bedeckt, welche theils dachziegelförmig über einander liegen (Schindelschuppen), theils mit dem ganzen Rand angeheftet sind (Täfelschuppen); mitunter zeigt der Körper auch nur chagrinartige Erhebungen. In der Regel sind 2 Paar Gliedmaßen vorhanden und nur bei den den Schlangen sich nähernden Uebergangsformen können ein oder

auch beide Paare verschwinden; die Zehen sind mit Klauen versehen. Am Grunde des Schwanzes ist die gewöhnliche quere Mündung der Kloake. Sie haben Augenlider und die meisten ein sichtbares Trommelfell, so wie bewegliche Rippen. Die Kiefern tragen Zähne und die Kieferhälften sind verwachsen, so wie auch die übrigen Gesichtsknochen ein unbewegliches Gerüste bilden. Die Eier sind mit einer harten kalkigen Schale versehen.

Familien: Scincoidei mit den Unterfamilien Ophiophthalmi und Saurophthalmi (letztere wegen der Gattung Scincus, Art Scinc. officinalis, der Meerstinz [s. Bd. 1. S. 756] bemerkenswerth), Chalcidici (Amphisbaenae und Chalcides), Lacertini (Lacertae und Ameivae), Iguanii (Acrodontes und Pleurodontes), Monitores, Ascalabotae, Chamaeleontes und Crocodilini.

Dritte Ordnung. Chelonii.

Die Dornfortsätze der Rückenwirbel, die Rippen und eine Anzahl Hautknochen sind bei den Schildkröten mit einander eng verbunden und verwachsen und bilden ein mehr oder weniger gewölbtes Rückenschild, welches unmittelbar von den äußeren hornigen oder lederartigen Körperbedeckungen überzogen ist und an dessen Innenfläche die Schulter und Beckenknochen gerückt sind. In ähnlicher Weise wird die Bauchseite von einem aus mehreren, mehr oder weniger eng mit einander verwachsenen Stücken bestehenden Schilde bedeckt, das an den Seiten entweder beweglich oder unbeweglich mit dem Rückenschilde verbunden ist. Die Kiefern sind ganz zahnlos, besitzen aber wie die der Vögel mehr oder weniger scharfe und mit zahnartigen Ausschnitten versehene Hornscheiden. Immer sind vordere und hintere Gliedmaßen vorhanden, die Füße meist fünfzehig und gewöhnlich mit Krallen besetzt.

Familien: Chersinae, Emydae, Chilotae und Chelonae.

Einundzwanzigste Klasse.

Die Vögel. Aves.

Erste Ordnung. Raptatores.

§. 138. Der Schnabel der Raubvögel ist fast immer kürzer als der Kopf, der Oberschnabel mit einer Wachshaut überzogen und an der Spitze hakenförmig über den Unterkiefer hinaus abwärts gekrümmt. Beine und Füße stark, mit starken Muskeln und langen, spitzen, gewöhnlich sehr krummen und mehr oder weniger zurückziehbaren Klauen; stets ist eine Zehe nach hinten gewendet und diese, bei den Eulen ausgenommen, nicht höher eingelenkt als die vorderen. Der Schwanz besteht fast immer aus 12 Steuerfedern. Die Ortsbewegungen geschehen fast nur durch die kräftig gebildeten Flugwerkzeuge und den Raub erfassen sie mit den Füßen. Sie ernähren sich fast nur von Wirbelthieren, die sie häufig mit Knochen und Haaren oder Federn verschlingen; die unverdaulichen Theile werden zu Kugeln zusammengeballt, als sog. Gewölle, durch den Mund wieder ausge-

worfen. Sie können lange hungern und leben ungesellig. Die Jungen verlassen das Ei ziemlich vollständig ausgebildet. Die Nester sind kunstlos.

A) Tagraubvögel. Sie haben seitliche Augen; die Wachshaut ist nicht von Federn bedeckt; die Federbedeckung über, unter und hinter dem Auge ist wie auf den übrigen Kopftheilen nach hinten gerichtet. Gehen bei Tag auf Raub.

Familien: Vulturini und Accipitrini (Aquilae, Milvi, Buteones, Falcones, Astures und Circi).

B) Nachtraubvögel. Kopf groß und dick; Augen nach vorn gerichtet; Wachshaut von den langen steifen Borstenfedern des Schnabelgrundes bedeckt und an ihrem Rand die rundlichen Nasenlöcher befindlich; die Augen von langen straffen Federn umgeben, welche strahlenförmig von ihnen auslaufen und die sog. Augenkreise, mehrere daran grenzende Federn hingegen den sog. Schleier bilden; Ohren mit großen, durch eine Klappe verschließbaren Muscheln; die starken Füße meist bis an die Nägel befiedert; die hinterste Zehe etwas höher eingelenkt, die äußere bildet die Wendezehe; Gefieder locker.

Einzige Familie: Strigidae (Tageulen und Nachteulen).

Zweite Ordnung. Insessores.

Der Schnabel der Hocker ist nach der Art der Nahrung sehr verschieden gestaltet und mit Ausnahme der Papageien ohne Wachshaut. Die Füße sind mittelmäßig lang, oft sehr verkürzt, und haben vier in einer Ebene liegende Zehen, welche gewöhnlich etwas, selten stark mit einander verwachsen sind. Die Nägel sind spitz und gebogen. Meist kleine Vögel, von denen aber viele durch Kunstfertigkeiten, z. B. durch Nesterbau, Gesang, ausgezeichnet sind. Die Jungen kommen blind und nackt, überhaupt unter den Vögeln am unvollkommensten entwickelt aus dem Ei und bedürfen längere Zeit der Aezung und Pflege der Eltern.

Erste Unterordnung: Oscines; Singvögel. Wandelfüße, Lauf meist vorn getäfelt und an den Seiten mit einer großen Schiene bekleidet, welche weit nach hinten greift, so daß hier, bei den Lerchen ausgenommen, keine besondere Betäfelung oder körnig-schuppige Bekleidung vorhanden. Mit 9 Schwungfedern erster Ordnung oder mit 10 und dann die erste Feder klein. Im Schwanz mit wenigen Ausnahmen 12 Steuerfedern. Alle am unteren Kehlkopf mit einem aus 5 Muskelpaaren bestehenden Singmuskelapparat versehen.

Familien: Laniadae, Muscicapidae, Turdidae, Sturnidae, Meliphagidae, Corvidae, Fringillidae, Tanagridae, Paridae, Sylviadae, Motacillidae, Hirundinidae, Alaudidae und Certhiadae.

Zweite Unterordnung: Scansores; Klettervögel. Ohne den vollständigen Singmuskelapparat. Der Lauf nur selten in ähnlicher Weise wie bei den Singvögeln gestiefelt, vielmehr gewöhnlich die hornige oder weichhäutige Bedeckung auf der Hinterseite der Läufe der ganzen Länge nach vielfach zertheilt, maschig genetzt, seltner mit einer Reihe kleiner Täfelchen versehen, und bis an diese körnige Bekleidung oder an dieses nackte Feld die vorderen Tafeln ohne Dazwischenkunft von Stiefelschienen reichend. Bei der Mehrzahl 10 Hand-

schwingen, von denen die erste länger als die Hälfte der zweiten, und im Schwanz 10 oder 12 Steuerfedern. Schnabel- und Fußbildung sehr verschieden.

Familien: Cypselidae, Caprimulgidae, Trochilidae, Epopidae, Buceridae, Halcyonidae, Meropidae, Coraciadae, Picidae, Cuculidae, Psittacini, Eriodoridae, Anabatidae, Colopteridae, Opistocomidae, Amphibolae, Galbulidae, Bucconidae und Rhamphastidae.

Dritte Ordnung. Columbinae.

Der Schnabel der Tauben ist weich, schwach und mit gewölbter harter Spitze; die Nasenlöcher sind mit einer weichen Haut umgeben und von einer Schuppe bedeckt. Die Füße sind meist ganz gespalten, die Hinterzehen aufliegend und sonst denen der Hühner ähnlich. Der Schwanz hat 12, bei einigen 14 Steuerfedern. Die Flügel sind lang und zugespitzt, der Flug ist gewandt und schnell. Sie suchen die Nahrung wie die Hühner auf der Erde, scharren jedoch nicht danach; der Muskelmagen ist sehr entwickelt. Sie sind fast völlig stimmlos und leben in Monogamie. Die Jungen sind beim Auskriechen wenig mehr als die der Hocker entwickelt und werden anfangs aus dem Kropf der Aeltern mit einem daselbst abgesonderten breiigen käseartigen Stoff genährt.

Gattung: Columba, vielleicht auch die ausgestorbene Gattung Didus.

Vierte Ordnung. Gallinaceae.

Der Schnabel der Hühner ist kurz, der Oberkiefer stark gebogen und mit seinen Schneiden weit übergreifend, das Ende mehr oder weniger hakenartig vorgreifend; die Nasenlöcher haben eine häutige oder knorpelige, sie theilweise verschließende Umgebung. Die meisten haben Sitzfüße mit einer höher eingelenkten Hinterzehe; die Krallen sind meist gewölbt, unten hohl mit scharfen Rändern und dadurch zum Scharren geschickt. Im Schwanz sind gewöhnlich mehr als 14 Federn. Die Flügel sind kurz oder sehr kurz. Sie halten sich vorzugsweise auf der Erde auf, laufen schnell und geschickt und leben in Polygamie. Die Geschlechter sind sehr verschieden. Die Jungen kommen entwickelter aus dem Ei, als die der übrigen Landvögel.

Familien: Penelopidae, Syrrhaptidae, Tetraonidae, Phasianidae (mit der Gattung Gallus, Art Gallus gallinaceus, deren Eier [s. Bd. 1. S. 802] von großer Wichtigkeit sind) und Crypturi.

Fünfte Ordnung. Cursores.

Die Flügel der Laufvögel sind ohne steife Schwungfedern und untauglich zum Fliegen. Das Brustbein ist ohne den Kiel, an welchen sich bei den anderen Vögeln die starken Brustmuskeln ansetzen. Der Schenkelmuskel ist sehr entwickelt; die Beine sind stark und zum Laufen geeignet; die Füße mit zwei oder drei getrennten Zehen versehen. Sie leben polygamisch.

Familien: Proceri.

Sechste Ordnung. Grallatores.

Bei allen Sumpfvögeln ist mit Ausnahme der Waldschnepfe ein Theil des Schienbeins über der Ferse nackt; der Lauf ist meist sehr ver-

längert und die Zehen sind getrennt; das Schienbein tritt größtentheils aus dem Rumpf hervor. Sie fliegen gut und anhaltend, wobei die Beine nach hinten gestreckt sind.

Familien: Alectorides, Rallidae, Herodii, Charadriadae, und Scolopacidae.

Siebente Ordnung. Natatores.

Das Hauptkennzeichen der Schwimmvögel sind die Schwimmfüße. Die Beine sind kürzer als der Rumpf, das Schienbein ist größtentheils in den Rumpf versenkt und die Zehen sind durch Schwimmhäute verbunden oder mit ganzrandigen Hautlappen versehen. Viele von ihnen tauchen vortrefflich und in verschiedener Weise. Nur wenige bauen ein ordentliches Nest, viele gar keins, bekommen aber zur Brutzeit kahle Stellen am Bauch, die Brustflecke, welche das Nest ersetzen, und in diesem Falle pflegen Männchen und Weibchen abwechselnd zu brüten.

Familien: Anatidae (mit den Gattungen Anser und Anas und Arten Anser cinereus und Anas boschas, das Gänsefett und Entenfett [s. a. a. O. S. 792] für die Officinen gebend), Pelicanidae, Colymbidae, Impennes, Alcae, Procellariae und Laridae.

Zweiundzwanzigste Klasse.

Die Säugethiere. Mammalia.

Erste Ordnung. Cetacea.

Der Körper der Fischzitzthiere ist fischähnlich und spindelförmig. Die Vordergliedmaßen sind flossenförmig, Hintergliedmaßen und Becken fehlen oder es sind von letzteren unbedeutende Rudimente vorhanden. Das Hauptbewegungsorgan ist ein breiter, horizontal liegender Schwanz. Die Halswirbel sind sehr kurz und oft mehr oder weniger mit einander verwachsen. Aeußeres Ohr fehlt. Sämmtlich Meeresbewohner.

Familien: Cetacea (Bartenwalle [mit der Gattung Balaena, Art Bal. mysticetus, den Fischthran (s. a. a. O. S. 793) liefernd], Pottwalle [mit der Gattung Physeter, Art Phys. macrocephalus, den Wallrath und den Amber (s. a. a. O. S. 771 und 796) liefernd], Schnabelwalle und Delphine) und Sireniformia.

Zweite Ordnung. Pinnipedia.

Der Körper der Flossenfüßer ist spindelförmig, nach hinten verschmächtigt und mit kurzen, glatt anliegenden Haaren bedeckt. Das Gebiß besteht nur aus einfachen Zähnen; die Eckzähne sind stark, die Backzähne von übereinstimmender Gestalt, kegelförmig oder schneidend-zackig. Ober- und Unterarm, Ober- und Unterschenkel sind kurz und alle Zehen bis zur Spitze mit einer Schwimmhaut verbunden, die Hinterfüße wagrecht nach hinten gerichtet. Sie nähren sich von Fischen und niederen Thieren und leben sämmtlich im Meer, von wo aus sie in die Flüsse oder auf das Land hinaufsteigen, auf diesem aber sehr unbehülflich sind.

Familie: Pinnipedia (Wallrosse und Robben).

Dritte Ordnung. Ruminantia.

Der Fuß der Wiederkäuer berührt mit zwei Hufen den Boden. Nur im Unterkiefer finden sich 6 oder 8 Schneidezähne; $\frac{6-6}{6-6}$ schmelzfaltige Backenzähne. Der Magen besteht aus vier Abtheilungen, dem Wanst oder Pansen, dem Netzmagen oder der Haube, dem Blättermagen, Buch oder Psalter und dem Labmagen. Die aus den beiden ersten Magen wieder in den Mund gelangte und zum zweiten Male gekaute Speise kommt beim zweiten Niederschlucken sogleich in den Blättermagen. Bei den neugebornen Thieren ist nur der Labmagen entwickelt.

Familien: Cavicornia (mit den Gattungen Bos, Antilope und Aegoceros [Untergattungen Capra und Ovis] und den Arten: Bos taurus, welche das Markfett, das Klauenfett und die Galle, das Weibchen die Milch und Butter, das junge Thier den Kälberlabmagen [s. Bd. 1. S. 770, 794, 795, 799 und 800] für den Arzneischatz liefert, und Bos bubalus, von welchem der Bezoar von Coromandel [s. a. a. O. S. 774] stammt: Antilope rupicapra giebt die Gemsenkugeln [s. a. a. O. S. 773] und Antilope dorcas den orientalischen Bezoar [s. a. a. O. S. 774], welcher auch in Capra aegagrus vorkommt: Capra hircus liefert das Bocksblut und den Bockstalg, Ovis aries den Hammeltalg [s. a. a. O. S. 798 und 799] in den Arzneischatz), Cervina (mit den Gattungen Cervus und Moschus und den Arten Cervus Elephas, welche das Hirschhorn und den Hirschtalg [s. a. a. O. S. 760 und 799], und Moschus moschiferus, die den Moschus [s. a. a. O. S. 783] in die Officinen liefern), Devexa und Cameli; letztere Familie ist wegen Auchenia Lama und Vicunna, von welchen der occidentalische Bezoar [s. a. a. O. S. 774] stammt, bemerkenswerth.

Vierte Ordnung. Solidungula.

Bei den Einhufern ist nur eine mit einem Hufe versehene Zehe ausgebildet; Zähne $\frac{6.1.6.1.6}{6.1.6.1.6}$, die Eckzähne fehlen jedoch fast immer beim Männchen und nicht selten auch beim Weibchen. Im Nacken sitzt eine Mähne.

Einzige Gattung: Equus mit den Arten Equus caballus, welche das Pferdefett (s. a. a. O. S. 793) und das Weibchen die Pferdestutenmilch, und Equus Asinus, deren Weibchen die Eselsstutenmilch (s. a. a. O. S. 801) liefert.

Fünfte Ordnung. Pachydermata.

Die Vielhufer oder Dickhäuter treten wenigstens mit 2 (bis 5) Zehen auf, welche behuft sind oder eine nagelartige Bedeckung haben. Die Haut ist meist dick und sparsam behaart.

Familien: Proboscidea (mit der Gattung Elephas, deren lebende Arten das Elfenbein und die fossilen das Einhorn [s. a. a. O. S. 763] liefern), Obesa (mit der Gattung Hippopotamus, Art Hipp. amphibius, von welcher die früher officinellen Wallroßzähne stammen),

Nasicornia, Nasuta, Setigera (mit der Gattung Sus, Art Sus scropha, dem Stammvater des Hausschweins, von welchem in den Apotheken das Schweinefett [s. a. a. O. S. 791] vielfach verwendet wird) und Lamnungula.

Sechste Ordnung. Edentata.

Den Zahnarmen fehlen, mit Ausnahme von Dasypus setosus, stets die oberen Vorderzähne. Die Zähne sind einfach gebildet, ohne Wurzel und Schmelz und können sogar gänzlich fehlen; die Krallen sind lang, zusammengedrückt und spitz.

Familien: Monotremata, Insectivora und Bradypoda.

Siebente Ordnung. Glires.

Bei den Nagern fehlen die Eckzähne; in jedem Kiefer sind zwei Schneidezähne, von den Backenzähnen durch eine Lücke getrennt, die nicht kleiner als die Reihe der Backenzähne ist. Die Füße sind fünfzehig und mit Krallen besetzt.

Familien: Subungulata, Duplicidendata (mit der Gattung Lepus, Art Lepus timidus, von welcher das Hasenfett und die Hasensprünge [s. a. a. O. S. 794] benutzt werden), Hystricina, Castorina (mit der Gattung Castor, Art Castor fiber, welche das Bibergeil und das Biberfett [s. a. a. O. S. 775 und 793] in den Arzneischatz liefert), Murina, Cunicularia, Psammoryctina, Chinchillina, Myoxina, Sciurina und Pedimana.

Achte Ordnung. Marsupialia.

Die Zitzen der Beutelthiere liegen gewöhnlich in einem Beutel, als dessen Rudiment sich bei einigen Arten seitliche Hautfalten finden; der Beutel selbst wird durch zwei platte, auf dem Becken aufstehende Knochen gestützt. Die Jungen entwickeln sich ohne Placenta, werden sehr unreif geboren und erhalten ihre Ausbildung im Beutel, während sie sich an den Zitzen festsaugen. Das Gebiß ist wie die Nahrung und Lebensweise sehr verschiedenartig.

Familien: Glirina, Salientia, Scandentia, Opossina und Dasyurina.

Neunte Ordnung. Ferae.

Die Raubthiere haben mit Krallen bewaffnete Pfoten, an denen niemals ein den übrigen Zehen entgegengesetzter Daumen sich befindet. Das Gebiß besteht aus Vorder-, Eck- und Backenzähnen. Die Zitzen sind frei am Bauch.

Erste Unterordnung: Insectivora; Insectenfresser. Wiederholen zum Theil in merkwürdiger Weise die Nager. Sie treten mit der ganzen nackten, von steifen Haaren umgebenen Sohle auf; die Eckzähne unterscheiden sich wenig oder gar nicht von den vorderen Backzähnen, welche spitzhöckerig sind. Immer und nur mit Ausnahme des vorn 3 Zehen habenden Goldmaulwurfes 5 Zehen. Fressen vorzugsweise Insecten, auch Würmer.

Familien: Soricina, Talpina und Aculeata.

Zweite Unterordnung: Carnivora; Fleischfresser. Stets 4 vortretende Eckzähne, hinter den Lückenzähnen ein großer, mehrspitziger und mit einem Absatz versehener Backzahn, der sog. Reiß- oder Fleischzahn, hinter diesem die Höckerzähne; $\frac{6}{6}$ Vorderzähne, von denen die mittleren kleiner als die seitlichen; die Sohlen von weichem Haar umgeben.

Familien: Ursina (mit der Gattung Ursus, Art Ursus arctos, von welcher das Bärenfett [s. a. a. O. S. 795] stammt), Mustelina (mit der Gattung Meles, Art Meles vulgaris, welche das Dachsfett [s. a. a. O. S. 794] liefert), Viverrina (mit der Gattung Viverra und den Arten Viverra Zibetha und Civetta, von welchen der Zibeth [s. a. a. O. S. 790] stammt), Canina (mit der Gattung Canis und den Arten Canis amiliaris, von welcher das Hundefett, der weiße Hundekoth und wohl auch die Leber eines tollen Hundes [s. a. a. O. S. 793] gebraucht wird, und Canis Vulpes, von welcher das Fuchsfett und die Fuchslunge noch hin und wieder in Anwendung ist) und Felina.

Zehnte Ordnung. Volitantia.

Die Flatterthiere haben zahlreiche Zähne, Vorder-, Eck- und Backzähne; die Zitzen stehen an der Brust; zwischen den Gliedmassen sind Flughäute ausgespannt.

Erste Unterordnung: Chiroptera; Fledermäuse. Die zwischen den Extremitäten und den sehr verlängerten Zehen der Vordergliedmaßen ausgespannte Flughaut setzt sich nicht auf den Hals fort, verbindet aber meist auch die beiden Hintergliedmaßen mit ausnahme derer Zehen. Die Ohrmuscheln sind meist sehr groß, häufig mit häutigen Deckeln versehen; häufig befinden sich auf der Nase häutige Aufsätze und Anhänge.

Familien: Gymnorhina, Istiophora und Frugivora.

Zweite Unterordnung: Dermoptera; Pelzflatterer. Die dicke, auf beiden Seiten behaarte Flughaut beginnt schon am Halse und ist auch zwischen den Zehen der Hinterfüße ausgespannt. Die Vorderfüße sind wenig länger als die hinteren und alle Zehen mit Krallen versehen. $\frac{5.1.4.1.5}{5.1.6.1.5}$ Zähne. Nähren sich von Insecten und Früchten und bilden den Uebergang zur folgenden Unterordnung.

Einzige Gattung: Galeopithecus.

Eilfte Ordnung. Quadrumana.

Die Vierhänder haben gewöhnlich an allen Gliedmaßen, wenigstens an den hinteren, Hände, sind mit Vorder-, Eck- und Backzähnen versehen und ihre Saugwarzen sitzen an der Brust.

Erste Unterordnung: Prosimiae; Halbaffen. Meist kleinere Thiere, deren Schädel und Gebiß sich denen der Raubthiere und namentlich denen der Insectenfresser nähert; Vorderzähne $\frac{4}{6}$ oder $\frac{4}{4}$, die oberen paarweise stehend. Die Hintergliedmaßen länger als die vorderen;

der Nagel am Zeigefinger der Hinterhände spitz und krallenartig. Meist nächtliche Thiere mit großen Augen.

Familien: Macrotarsi, Nycticebi und Lemurini.

Zweite Unterordnung: Simiae; Affen. Haben $\frac{4}{4}$ Vorderzähne, die auch im Oberkiefer in ununterbrochener Reihe stehen; Backzähne gewöhnlich stumpfhöckerig und denen des Menschen ähnlich; Gesicht meist kahl und menschenähnlicher als bei den Halbaffen.

Familien: Arctopitheci, Simiae platyrhinae und catharinae.

Zwölfte Ordnung. Bimana.

Die Zweihänder haben nur an den Vordergliedmaßen Hände. Alle Zähne sind von gleicher Länge und schließen an einander, ohne eine Zahnlücke zu bilden. Alle Nägel sind Plattnägel. Der Körper ist fast unbehaart, der Gang aufrecht. Durch Vernunft und Sprache, so wie durch Entwicklung über der ganzen Thierwelt stehend.

Einzige Gattung und Art: Homo sapiens mit 5 Raçen:

1) Die Kaukasische Raçe. Farbe mehr oder weniger weiß, Wangen geröthet. Haar weich, nußbraun, in's Blonde oder Schwarze übergehend. Gesicht schmal, oval. Stirn gewölbt. Bewohner von Europa, Westasien, Nordafrika und der nördlichen Polarzone; in allen übrigen Ländern eingewandert.
2) Die Mongolische Raçe. Farbe weizengelb oder gelbbraun. Haar schwarz, straff, dünn. Gesicht flach, breit. Nase klein und stumpf. Augen klein mit enggeschlitzten Augenlidern. Bewohner von Mittelasien.
3) Die Aethiopische Raçe. Farbe mehr oder weniger schwarz. Haar schwarz, wolligkraus. Kopf schmal; Kiefer vortretend; Stirn und Kinn zurückweichend; Nase stumpf; Lippen wulstig. Bewohner eines großen Theiles von Afrika.
4) Die Amerikanische Raçe. Farbe thon- oder kupferroth; Stirn niedrig; Backenknochen vorstehend; Haar schlicht, straff und schwarz. Mit Ausnahme der Eskimos die Urbewohner Amerika's.
5) Die Malayische Raçe. Farbe mahagoni- oder kastanienbraun; Haar lockig und schwarz; Nase breit; Stirn etwas hervorstehend. Hierher gehören die eigentlichen Malayen und die Südseeinsulaner.

Früherhin waren die Mumien, der Menschenschädel und das Menschenfett (vergl. Bd. 1. S. 748 und 794) officinell.

Topographisch-historischer Theil.

A. Die geographische Verbreitung der Thiere.

§. 140. Wie die Fülle oder Armuth der Vegetation, so hängt auch die der Thierwelt im Allgemeinen von Wärme, Feuchtigkeit und Licht ab. Wo diese drei Faktoren am gleichmäßigsten und intensivsten vorhanden, da

läßt sich die höchste Entwicklung des Lebens voraussetzen, was die feuchten Tropengegenden bestätigen. Den größten Einfluß übt auch auf die Thierwelt die Abnahme der Wärmemenge, sowohl der jährlichen, als auch der Sommer- und Wintertemperatur aus, so daß die heißen Sommer der gemäßigten Zonen die Winterkälte derselben nicht ausgleichen können. Der Einfluß des kalten Klima's in den Polargegenden wirkt wesentlich auf die größere Einförmigkeit der Thierarten, weßhalb dieselben Thierarten die Polargegenden der drei verschiedenen nördlichen Welttheile bewohnen; in den gemäßigten Gegenden derselben Welttheile hingegen sind zwar die Grundformen noch dieselben, aber die Species verschieden, d. h. die Arten sind von einander verschieden, haben aber noch ein gleiches Ansehen. Aehnliche Verschiedenheiten können aber auch zwischen verschiedenen Regionen eines und desselben Welttheiles unter gleicher Breite stattfinden und in gewisser Beziehung noch größer sein. In den Tropenländern erreicht die Thierwelt die höchste Entwicklung und die Thiere sind nicht allein verschieden von denen der gemäßigten Zone, sondern auch in sich selbst viel mannichfaltiger. Die Thiere in den tropischen Gegenden sind nicht allein die kräftigsten und größten, sondern auch durch die üppigsten Farben in ihrer Bedeckung ausgezeichnet, während die der gemäßigten Zone weniger kräftig, groß und farbenglänzend und die der Polargegenden meist einfarbig sind.

§. 141. Eine Gruppe von Thieren, welche irgend einen größeren Theil unserer Erde auf dem Lande oder im Wasser bewohnt, wird die **Thierwelt** oder **Fauna** dieses Erdtheiles genannt. Um auf diesen Namen Anspruch zu machen, ist es jedoch nicht nöthig, daß jede Thierart in dieser Gruppe verschieden von denen eines anderen Welttheiles ist; es genügt vielmehr, daß Eigenthümlichkeiten in der Vertheilung der Familien, Gattungen und Arten und in dem Uebergewicht gewisser Formgepräge über die anderen vorhanden und diese erheblich genug sind, um der ganzen Gruppe wohl bezeichnete Charakterzüge einzudrücken. Wie schon im vorigen Paragraphen angedeutet, kommen nicht unter derselben Breite stets dieselben Thiere vor; es wechseln sogar in dieser Richtung die Arten fast eben so rasch, wie von dem Aequator nach den Polen hin. In welcher Weise aber die geognostische und gesammte physikalische Beschaffenheit der Länder von gleicher Breite, aber ungleichen Meridianen einwirkt, läßt sich bis jetzt eben so wenig angeben, als die Erscheinung erklären, daß südlich vom Aequator in der Regel andere Thierarten auftreten, als unter demselben Meridian in gleicher Entfernung nördlich vom Aequator. Die sog. **Localfaunen** beruhen auf diesem nach den angegebenen Richtungen stattfindenden Wechsel der Arten.

§. 142. Die Faunen haben je nach der natürlichen Beschaffenheit der Erdoberfläche eine mehr oder weniger bestimmte Begrenzung; zuweilen sind zwei derselben durch ausgedehnte Gebirgsketten, zuweilen durch Wüsten getrennt; im Allgemeinen bewirken aber die großen Oceane die vollständigste Trennung. Da hingegen, wo eine große natürliche Grenze nicht vorhanden, geht eine Fauna unmerklich in die andere über; es nimmt eine Art die Stelle einer anderen ein, dieser folgt eine dritte u. s. w., bis endlich die Fauna eine ganz andere geworden, ohne daß es möglich ist, die Grenze

zwischen beiden genau zu erkennen. Um aber ein wahres Bild von der geographischen Verbreitung der Thiere zu erhalten, müssen neben den Landthieren auch die Meeresbewohner mit eingeschlossen werden, denn ohngeachtet der gleichmäßigen Natur des wässerigen Elements sind doch die Thiere, die dasselbe bewohnen, nicht nach Zufall zerstreut; lassen sich auch nicht so bestimmte Grenzen wie die für die Landfaunen festsetzen, so lassen sich doch nicht weniger gut ausgedrückte Verschiedenheiten der Thierwelt in dem großen Meeresbecken wahrnehmen. Daß die Aufstellung von Meeresfaunen aber möglich ist, wird dadurch veranlaßt, daß die Seebewohner nicht in der hohen See, sondern vorherrschend längs der Küsten der Festländer und über Untiefen ihren Aufenthalt haben. Die Süßwasserfische wechseln in den Arten nicht allein in den verschiedenen Zonen, sondern auch selbst in den Flüssen derselben Region. Von großem Einfluß auf die Verbreitung der Wasserthiere ist die Tiefe des Wassers, denn die Weichthiere und selbst die Fische, welche nächst der Oberfläche zwischen dem Stand der Ebbe und Fluth vorkommen, sind im Allgemeinen verschieden von denen, die sich in einer Tiefe von 20 bis 30 Fuß aufhalten und diese unterscheiden sich wiederum von denen, welche in einer noch größeren Tiefe leben. — Bei den Landthieren ist die Natur der Nahrung von erheblichem Einfluß auf die Vergesellschaftung und auf die Erstreckung der Verbreitung derselben; Fleischfresser sind, da sie ihre Nahrung fast überall finden, mehr verbreitet, als die Pflanzenfresser, welche auf beschränktere, den Pflanzenregionen und Zonen entsprechende Gegenden angewiesen sind. Bei den Vögeln gilt dasselbe, denn Raubvögel, wie Adler und Geier, haben eine größere Verbreitung, als die Körnerfresser und hühnerartigen Vögel.

Die Fauna von Amerika.

§. 143. Es ist bereits §. 140 hervorgehoben, welchen Einfluß die Wärme auf die Verbreitung der Thierwelt ausübt und daß dieselbe verschieden sei an den Polen von der in den gemäßigten Zonen und diese wieder von der der Tropenländer. Man hat hiernach die Faunen in die arctischen, in die gemäßigten und in die tropischen Faunen einzutheilen. Kein Land ist aber besser geeignet, eine richtige Vorstellung von der Vertheilung der Faunen nach dem Klima zu geben, als Amerika, da es sich, wie ein Blick auf den Globus zeigt, durch beide Hemisphären hindurch erstreckt und alle Breiten enthält, so daß es alle Klimate darstellt, und zum großen Theil nach der menschlichen Kultur, durch welche nicht allein die Physiognomie der Vegetation, sondern auch zum Theil der Fauna verändert wird, fremd ist.

§. 144. Die arctische Fauna. Der herrschende Charakter dieser Fauna ist Einförmigkeit und Armuth in den Arten, dagegen Reichthum an Individuen. Dieselbe Einförmigkeit zeigt sich auch in Bezug auf die Form und die Farbe der Thiere; jene ist regelmäßig, diese düster; es findet sich kein Vogel von glänzendem Gefieder und nur wenige Fische zeigen ein buntes Farbenspiel. Die auffallendsten Thiere der arctischen Fauna sind der Eisbär, das Rennthier, das Elen, der Moschusochse, der Eisfuchs, der Polarhase, die Lemminge und verschiedene Seehunde, vor allen aber die die tiefste Stelle unter den Säugethieren einnehmenden Wale, unter den Vögeln

die Seeadler, einige Wadevögel und unermeßliche Mengen anderer Wasservögel, wie Möven, Kormorane, Taucher, Sturmvögel, Enten, Gänse u. s. w. Reptilien fehlen gänzlich, während die Kerbthiere durch zahlreiche Ringelwürmer und Kruster aus den Ordnungen der Amphipoden und Isopoden vertreten, dagegen Sechsfüßer selten sind und auch nur den untersten Ordnungen angehören. Unter den Weichthieren finden sich Acephalen und insbesondere Tunicaten, weniger Gasteropoden und sehr wenige Cephalopoden, unter den Strahlenthieren zahlreiche Medusen, verschiedene Seesterne und Seeigel, aber nur wenige Holothurien; die Steinkorallen fehlen gänzlich und die Polypen sind nur spärlich vertreten. Diese Fauna ist nun nicht allein für das nördliche Amerika, sondern auch für die nördlichen Theile Europa's und Asiens charakteristisch. Die Grenze derselben bildet jedoch keine regelmäßige Linie und entspricht nicht genau dem Polarkreise, sondern der Isothermenlinie von 0° C., welche bekanntlich viele Wellenbiegungen hat.

§. 145. Die gemäßigte Fauna. Die Faunen der gemäßigten Zonen der nördlichen Halbkugel sind weit mannichfaltiger als die der arctischen Zone. Es finden sich im Verhältniß zu den Wasserbewohnern eine große Zahl Landthiere von zierlicher Form, lebhaftem Ansehen und bunter Färbung, wenn auch noch nicht mit dem Glanz der Tropenthiere. Die waldreichen Gegenden schwärmen von Insecten, die wiederum als Nahrung für andere Thiere dienen, und Würmer, so wie auch Land- und Süßwasserweichthiere sind zahlreich vorhanden. Die nördliche Grenze der gemäßigten Faunen oder die südliche der arctischen Fauna fällt mit dem Auftreten der Bäume zusammen. Noch ist aber das Klima in der ganzen Erstreckung der gemäßigten Zone nicht warm genug, um den Bäumen das ganze Jahr hindurch den Blätterschmuck zu erhalten; in den nördlichen Theilen verlieren bei Annäherung des Winters die Bäume, mit Ausnahme der Kiefern und Tannen, ihre Blätter und die Vegetation bleibt längere oder kürzere Zeit hindurch gehemmt; während dem ziehen sich die Insecten zurück und die Insectenfresser werden dadurch genöthigt, nach den wärmeren Gegenden in der Nähe des Wendekreises zu wandern, wo sie bei der immer grünen Vegetation ihre Unterhaltungsmittel finden; einige Säugethiere, welche Pflanzenfresser sind, und die von Insecten lebenden Reptilien verfallen während der Vegetationsruhe in eine Art Erstarrung, in den Winterschlaf, aus welchem sie erst im Frühjahr wieder erwachen; oder ziehen sich in Höhlen zurück, in welchen sie von den während dem Sommer und Herbst gesammelten Vorräthen leben. Nur die Fleischfresser, die Wiederkäuer und die lebhaftesten unter den Nagern sind die einzigen Thiere, welche ihren Aufenthalt oder ihre Lebensweise nicht ändern. Man kann deßhalb als den Hauptcharakter der Fauna der gemäßigten Zone die stete, immer wiederkehrende Abwechslung, welche sich in der neuen wie in der alten Welt zeigt, betrachten.

§. 146. Wird der Unterschied der Vegetation als Grundlage angenommen und der darauf folgende Wechsel in der Lebensweise der Waldthiere berücksichtigt, so läßt sich die Fauna der gemäßigten Zone in zwei Abtheilungen, in eine nördliche, wo mit Ausnahme der Nadelhölzer alle Bäume während des Winters blattlos sind, und in eine südliche, wo we-

nigstens viele Bäume immer grün sind, scheiden. Da die Grenze der Laubbäume mit abfallenden Blättern im Allgemeinen mit der Grenze der Nadelbäume zusammenfällt, so kann man annehmen, daß die kältere Gegend der gemäßigten Fauna südwärts sich so weit wie die Nadelhölzer erstrecken, den übrigen Theil der gemäßigten Zone aber zu den wärmeren Gegenden rechnen. Diese Theilung in zwei Zonen wird durch Beobachtungen in der meerischen Fauna des atlantischen Oceans unterstützt; da aber hier der Einfluß des Golfstromes sich geltend macht, so liegt hier die Grenze weiter nach Norden.

§. 147. Die herrschenden Hauptformen in der Fauna der gemäßigten Zone sind: unter den Säugethieren der Büffelochse, der Hirsch, das Pferd, das Schwein, viele Nager, insbesondere Eichhörnchen und Hasen, fast alle Insectenfresser, Wiesel, Marder, Wölfe, Füchse, Katzen u. s. w., wogegen es keine Zahnlosen und mit Ausnahme einiger Affen keine Vierhänder giebt; unter den Vögeln sind eine Menge Kletterer, Sperlingsartige, Hühnerartige und viele Raubvögel anzuführen; unter den Reptilien sind Eidechsen und Schildkröten von geringer oder mittlerer Größe, Schlangen und Batrachier zu nennen, während die Krokodille fehlen; unter den Fischen finden sich vorzugsweise die aus den Familien der Salmen, Karpfen, Störe, Hechte, Kabeljaue und besonders der Häringe und Scomberoiden (Makrelen und Thunfische); von den Weichthieren sind alle Klassen vertreten, jedoch die Cephalopoden weniger zahlreich als in der heißen Zone vorhanden; eine unendliche Zahl von Kerbthieren und viele Polypen sind in dieser Fauna vertreten, während die eigentlichen Korallen noch nicht häufig sind. In Amerika sowohl, wie in Europa giebt es in der gemäßigten Zone eine Anzahl Thierarten, welche von der einen bis zur anderen Grenze vorkommen; so der Hirsch, der Bison, der Kuguar, das Flugeichhörnchen, viele Raubvögel, mehrere Schildkröten und die Klapperschlange in Amerika, der braune Bär, der Wolf, die Schwalbe und viele Raubvögel in Europa; einige finden sich sogar noch außerhalb der gemäßigten Zone, wie das große Wiesel von der Behringsstraße bis zum Himalaya, die Bisamratte von der Mündung des Mackenzieflusses bis Florida, die Feldmaus durch fast ganz Europa; andere Arten sind dagegen auf einzelne Gegenden beschränkt, wie z. B. das canadische Elen auf den nördlichen Theil, wogegen der Prairiewolf, das Fuchseichhörnchen, der Bassaris und viele Vögel die Grenze des südlichen Theiles nicht überschreiten.

§. 148. In Amerika sowohl, wie in der alten Welt lassen sich die Faunen der gemäßigten Zone in mehrere zoologische Provinzen eintheilen. In diesen giebt es stets eine gewisse Zahl von Thieren, welche von denen anderer Provinzen, wenn auch verwandt, doch verschieden sind. Die Fauna des gemäßigten Amerika's läßt sich sehr genau scheiden:

1) die Fauna der vereinigten Staaten, diesseits des Felsengebirges, und in
2) die Fauna von Oregon und Californien, jenseits des Felsengebirges,

und die Faunen des alten Continents in:

1) die Fauna Europa's, der der vereinigten Staaten nahe verwandt;
2) die Fauna Sibiriens, von der vorigen durch den Ural geschieden;

3) die Fauna des asiatischen Tafellandes, welche, soweit sie bis jetzt bekannt, ganz verschieden ist; und

4) die Fauna von China und Japan, welche in den Vögeln der von Europa, in den Reptilien der der vereinigten Staaten analog ist.

Außerdem lassen sich in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel noch einige treffende Beispiele von Localfaunen nachweisen, wie z. B. für das Becken des caspischen Meeres, für die Steppen der Tartarei und für die westlichen Prairien Nordamerika's.

§. 149. Die Faunen der gemäßigten Zone auf der südlichen Halbkugel sind von denen der Tropengegenden ebenso verschieden, wie die auf der nördlichen Halbkugel, lassen sich aber auch in zwei Provinzen unterscheiden, von denen Patagonien die kältere darstellt. Sie unterscheiden sich aber auch je nach den verschiedenen Continenten und zeigen die vollkommensten Gegensätze. Die Thiere von Südamerika jenseits des Wendekreises des Steinbockes sind in jeglicher Beziehung von denen des Südendes Afrikas verschieden; die Hyänen, Schweine und Rhinocerosse vom Kap der guten Hoffnung haben keine Analoga auf dem südamerikanischen Continent, so wenig wie die Vögel, Reptilien, Fische, Kerb- und Weichthiere. Eine ganz eigenthümliche Fauna hat Neuholland in seinen Beutelthieren, Insecten und Mollusken, die sich keiner der Nachbarländer nähert; dieselben Typen herrschen dort auf dem ganzen Festland, es mag der heißen oder der gemäßigten Zone angehören; nur die Arten sind an verschiedenen Orten abweichend.

§. 150. **Die tropischen Faunen.** In den Tropengegenden Amerikas, wie auch in denen von Afrika und Asien, sind die Faunen durch die unermeßliche Mannichfaltigkeit der Thiere, welche sie enthalten, und durch den Glanz der Bedeckungen derselben ausgezeichnet. Alle Typen der Thiere sind vertreten und zwar nicht allein durch zahlreiche Familien, Gattungen und Arten, sondern auch in den vollkommensten und in den sonderbarsten Formen. Nur in den Tropenländern sind Affen, pflanzenfressende Fledermäuse, große Pachydermen (Elephanten, Flußpferde und Tapire), die ganze Ordnung der zahnlosen Thiere und die größten aus der Katzenfamilie, die Löwen und Tiger zu finden; unter den Vögeln der Tropenländer sind neben den Colibris auch die Papageien und Tukans als wesentliche Repräsentanten, unter den Reptilien die Krokodille und Riesenschildkröten und unter den Kerbthieren eine unermeßliche Mannichfaltigkeit der Insecten zu bemerken. Die Seebewohner der Tropen stehen im Ganzen ebenfalls höher als die anderer Regionen; eine Menge von Krustern und Kopffüßern neben einer unendlichen Mannichfaltigkeit von Bauchfüßern und Muscheln erfüllen das Meer, woselbst zugleich Stachelhäuter von anderwärts unbekannter Größe und Mannichfaltigkeit, Polypen mit ungemein entwickelter Thätigkeit und endlich noch Korallen vorkommen, welche als Riffe ganze Inselgruppen bedecken.

§. 151. Im tropischen Amerika sind verschiedene, gut charakterisirte Faunen zu unterscheiden, nemlich:

1) die Fauna von Brasilien, ausgezeichnet durch die riesigen Reptilien, durch die Affen mit flachen und weit auseinander stehenden Nasen, 36 Zähnen und gewöhnlich einem langen Greifschwanz,

durch die zahnlosen Thiere, durch die Tapire, durch die Kolibris und durch die auffallende Mannichfaltigkeit von Insecten;

2) die Fauna des Westabhanges der Anden in Peru und Chili, charakterisirt durch die Lamas, Vicugnas und Vögel, welche von denen des Amazonenstromes verschieden sind, so wie auch durch die Insecten und Mollusken. Die Fauna der nur wenige hundert englische Meilen von Peru entlegenen Galopagosinseln ist ganz eigenthümlich und wird vorzüglich durch mächtige Landschildkröten bezeichnet; und

3) die Fauna der Antillen und des Golfes von Mexiko; sie zeichnet sich besonders durch ihre Seethiere aus, unter welchen namentlich der Manati, so wie eine unendliche Mannichfaltigkeit eigenthümlicher Fische, besonders eine große Anzahl Pectognathen, ferner Mollusken und Radiaten von eigenthümlicher Art hervorzuheben sind.

Die Grenzen der Fauna von Centralamerika lassen sich noch nicht genau bestimmen, da die diese Gegenden bewohnenden Thiere nur ungenügend bekannt sind.

§. 152. Die Fauna des tropischen Afrikas ist in der Vertheilung der Thiere auffallend einförmig, hat aber in der ganzen Ausdehnung der Tropengegenden charakteristische Thierarten, wie z. B. die Giraffe von Aegypten bis zum Kap der guten Hoffnung, das Flußpferd im Nil, Niger und Oranjefluß. Obgleich diese weite Verbreitung pflanzenfressender Thiere bezeichnend ist und auf weite Strecken hin sehr gleichbleibende Vegetationsverhältnisse andeutet, so sind dennoch einige Thierformen des tropischen Afrikas auf enge Bezirke beschränkt und es zeigen sich sehr deutliche Verschiedenheiten zwischen den Thieren der westlichen und denen der östlichen Küste. Zu den merkwürdigsten Arten des tropischen Afrikas gehören der afrikanische Elephant, das Nillkrokodill, die große Zahl Antilopen, besonders aber die verschiedenen Vierhänder, wie die Paviane, der Chimpansee und Engeena, der Guerazaaffe u. s. w., die sämmtlich von den amerikanischen Affen verschieden sind, da sie dicht beisammenstehende Nasenlöcher, nur 32 Zähne und niemals einen Greifschwanz haben. Die Nilfische haben einen tropischen Charakter. Die Fauna Arabiens schließt sich der des tropischen Afrikas mehr an als der der asiatischen Tropen.

§. 153. Die Fauna des tropischen Asiens, nemlich der beiden Ostindischen Halbinseln und der Sundaeilande, ist ebenfalls sehr charakteristisch; es finden sich hier die Meerkatzen, der Orangutang, der Königstiger, der Gavial und eine Menge eigenthümlicher Vögel, unter den Fischen besonders die Familie der Schuppenflößer, sonderbare Stachelfische, so wie die Fische mit Büschelkiemen in zahlreicher Menge, unter den Kerbthieren und Mollusken sehr bezeichnende Arten. Madagascar hat auch seine eigenthümliche Fauna, durch die Makis und eigenthümliche Nager bezeichnet. Polynesien (mit Ausschluß von Neuholland) hat eine Menge Thiere, die nicht auf dem Festland Asiens gefunden werden, wie z. B. den fliegenden Maki und die pflanzenfressenden Fledermäuse.

§. 154. Die Fauna des Meeres im Besonderen betrachtet, hat nicht die grellen Abstufungen, wie die Fauna des festen Landes, was dadurch

bedingt ist, daß das Meer eine gleichmäßigere Temperatur hat, welche in einer gewissen Tiefe sogar unabhängig von der der Luft ist und in den nach den Polen hin gelegenen Theilen durch die Strömungen vom Aequator her eine Ausgleichung der äußeren Abkühlung stattfindet, und daß seinen Bewohnern ein größerer Verbreitungskreis geboten ist, als den Landthieren, so wie auch dadurch, daß Eier und Larven ohne die geringste Beschädigung und ohne in physikalisch ungünstige Regionen zu kommen, weite Strecken fortgeschwemmt werden können. Trotz dieser Verhältnisse fehlen die Abstufungen nach den Breitegraden in der Thierwelt des Meeres nicht und das bunteste Thiergewimmel findet sich innerhalb des Gürtels der Korallenriffe, also in den Tropen, und daselbst wetteifern die Farben der Meeresthiere, namentlich der Polypen und Fische, der Krebse und Quallen mit der üppigsten Bedeckung der tropischen Landthiere. Die Farben der Wasserthiere sind abhängig von der Eigenschaft des Wassers, das Licht zu brechen und davon, daß die verschiedenen Lichtstrahlen nicht gleich tief dringen und deßhalb auf einander folgende Wasserzonen verschieden gefärbt erscheinen; am wenigsten dringt das violette und blaue Licht ein; diesem folgt das grüne und in die größte Tiefe dringt das rothe Licht*). Wie für die Pflanzen, so hat auch für die Thiere der farbige Zustand der verschiedenen Wasserzonen einen wesentlichen Einfluß auf die Farbe der Wasserthiere. Oersted hat hierauf folgende Regionen aufgestellt.

1) Die Region der violetten und blauen Thiere ist an der Oberfläche des offenen Meeres vorherrschend; die Pteropoden, Salpen und Medusen, Vellella, Glaucus, Janthina und andere sind hierzu zu zählen.

2) Die Region der erdfarbenen und bunten Thiere findet sich auch an der Oberfläche, aber in der Nähe der Küsten. Diese Thiere nehmen den Gürtel zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wasserstand ein; an steilen Küsten sind es Arten von Chiton, Patella, Siphonaria, Littorina, Turbo, Trochus, Nerita, Cerithium, ferner Ascidien, Holothurien und Actinien; an flachen Küsten herrschen die Krabben vor.

3) Die Region der grünen Thiere verlangt stille, vor hohem Wellengang geschützte Buchten, in welchen auch grüne Algen vorherrschen; sie erstreckt sich bis wenige Fuß unter die Oberfläche. Bei den vielen Arten der Geschlechter Aplysia, Actaea, Synapta, Holothuria und Actinia, welche charakteristisch für diese Zone sind, überwiegt die grüne Farbe.

4) Die Region der gelben und braunen Thiere ist von ohngefähr 10 bis 30 Fuß Tiefe; in den Korallenriffen herrschen diese Farben.

5) Die Region der rothen Thiere erstreckt sich von voriger bis zu etwa 600 Fuß; Astrogonium-, Spatangus-, Amphidelus- u. s. w. Arten.

---

*) Nach Versuchen in der Taucherglocke fängt schon bei 60 Fuß Tiefe im Meer das rothe Licht an vorzuherrschen.

6) Die Region der weißen Thiere umfaßt alle bedeutenderen Tiefen, so weit noch thierisches Leben möglich ist. Umbellularia encrinus ist in einer Tiefe von 1416 Fuß gefunden worden.

B. Die topographische Verbreitung der untergegangenen Thierwelten. Paläozoologie.

§. 155. Die Aufgabe der Paläozoologie ist, mit den in den verschiedenen Erdschichten aufbewahrten Ueberresten der untergegangenen Thierwelten den Versuch der Wiederherstellung des Bildes der ganzen Organismen zu machen, um diese in ihrer Totalität aufzufassen und ihren Zusammenhang mit den jetzt lebenden Thieren zu erforschen. Die Paläozoologie ist ein Theil der Paläontologie, d. h. der Lehre von der in verschiedenen Zeiträumen stattgefundenen Bildung der Gebirgsformationen und Erdschichten, und eine wesentliche Ergänzung der Zoologie, indem sie nachweist, daß die Thierschöpfungen von den älteren Gebirgsformationen an bis in die Gegenwart in ihren Grundzügen übereinstimmen, daß einzelne Klassen in ihren Hauptformen schon vom Anfang des thierischen Lebens an repräsentirt gewesen sind, während andere Klassen und Typen unverkennbar eine Entwicklung der niedrigeren zu den höheren Formen zeigen, und endlich daß die vorweltliche Thierwelt nicht nur Arten, Gattungen und Familien, sondern sogar Ordnungen gehabt hat, welche gewisse Erdperioden nicht überdauert haben und die für die Kenntniß und systematische Würdigung der jetzt lebenden Thiere vom größten Einfluß sind. Zum Verständniß der Paläozoologie ist es aber nothwendig, die Bildungsgeschichte unserer Erde und deren Gebirgsformationen zu kennen, weßhalb in den folgenden beiden Paragraphen ein kurzer Abriß derselben gegeben wird.

§. 156. Die Untersuchungen der neueren Geologie haben zu dem übereinstimmenden Resultate geführt, daß die Erde unmittelbar nach ihrer Entstehung eine glühende, aus einem geschmolzenen, feurig flüssigen Material gebildete Kugel gewesen sein müsse; wie lange aber die Erde in diesem Zustand befindlich gewesen sein möge, darüber läßt sich keine Vermuthung äußern. Sie stieß ungeheure Massen von Wasserdämpfen aus, welche sich wegen der Kälte des Weltraums sehr bald condensiren und in tropfbarflüssiger Gestalt, als Regen, den Gesetzen der Schwere folgend wieder auf die Erde zurückfallen mußten. Nach Jahrtausenden dieser Dampf-Entwicklung und Verdichtung wurde die Oberfläche der Erde so weit abgekühlt, daß sie erstarren und das auf sie zurückfallende Wasser eine continuirliche Wasserhülle um die ganze Erde, das Urweltmeer bilden konnte, dessen Tiefe immer mehr zunahm. Dieses Weltmeer mag wegen noch hinreichend herabgesunkener Temperatur der Erdoberfläche noch Jahrtausende im kochenden Zustand gewesen sein, wodurch es auflösend und zersetzend auf das gebildete feste Gestein der Erdoberfläche, welches jedenfalls Granit gewesen ist, einwirken mußte. Die gelösten Massen dieses Gesteins senkten sich mit der zunehmenden Abkühlung des Urweltmeeres in krystallinischer Form zu Boden und bildeten am Grunde des Meeres die ersten sedimentartigen Schichten, auf welche Weise die krystalli-

nischen Schiefergesteine, wie Gneis, Glimmerschiefer, krystallinischer Thonschiefer u. s. w., welche jetzt an vielen Orten unmittelbar auf dem Urgranit der Erde gefunden werden und zum Theil mächtige Schichtensysteme bilden; sie enthalten keine organischen Reste, weil bei ihrer Bildung das Urweltmeer noch eine zu hohe Temperatur besaß, als daß Thiere und Pflanzen in demselben hätten leben können. Theils während, theils nach der Bildung der krystallinischen Schiefergesteine mußte in Folge der mit der Erstarrung verbundenen Verdichtung der Erdoberfläche der innere flüssige Theil derselben einen Druck gegen die erstarrte Oberfläche ausüben und diese an vielen Stellen zerreißen, wo die feurigflüssige Masse hervorquoll und sich über die benachbarten krystallisirten Gesteinschichten ausbreitete (wie es noch gegenwärtig die aus den Vulkanen fließende Lava thut). Durch diese Ausbrüche glühender Massen wurden aber auch zugleich benachbarte Stellen der erstarrten Erdrinde über den Spiegel des Urweltmeers emporgehoben und bildeten so die ersten Gebirge der erstarrten Erdoberfläche, welche aus dem Schooße des Meeres hervor das erste, jedenfalls in der Form zahlreicher, zerstreuter, kleiner Inseln erscheinende Land bildeten. Durch ähnliche spätere Graniteruptionen des gewaltsam ausgedehnten Erdinneren wurde die Erdrinde immer wieder von Neuem zersprengt, was noch am Ende der Kreideperiode statt gefunden hat. Nach dieser Periode und schon weit früher, am Ende der Uebergangsperiode, kamen andere eruptive Gesteine zum Vorschein, welche wesentlich zur Veränderung der Erdoberfläche beitrugen, nemlich Porphyre, Dioryte, Phonolithe, Trachyte und Basalte, an welche letztere sich unmittelbar die jetzige Lava anschließt. Sowohl durch diese Eruptionen als auch durch das Drängen des Erdinneren nach Außen gegen die Erdkruste wurden immer größere Stücke derselben über den Spiegel des Urweltmeeres emporgehoben und so allmählig die Continente gebildet. Lange vor der Bildung dieser waren aber zahlreiche neue Gesteinsschichten als Niederschläge des Meeres auf die bereits vorhandenen abgelagert worden, indem theils durch die Graniteruptionen, theils durch den Wellenschlag des Meeres und die auflösende Kraft des noch immer heißen Meereswassers die vorhandenen Ablagerungen wieder zertrümmert wurden. Diese Zerstörungsprodukte setzten sich allmählig als Schlamm auf dem Meeresgrund ab und so entstanden über den älteren neue Schichten, welche Bildung von Schichten durch Niederschlag aus dem Wasser seit jener ganz unermeßlich fernen Zeit bis auf die Gegenwart fortwährt und noch jetzt im kleinen Verhältniß auf dem Grunde und an den Ufern des Meeres, der Seen und Teiche und an der Mündung der Flüsse stattfindet. Die durch Niederschlag aus dem Wasser entstandenen Schichten werden *sedimentäre* oder *neptunische Schichten* im Gegensatz zu den aus dem Erdinneren emporgesendeten und noch emporgesendet werdenden *eruptiven* oder *plutonischen* und *vulkanischen Schichten* genannt.

§. 157. Nicht fortwährend wurden sedimentäre Schichten gebildet, sondern während bestimmter Zeiträume und Perioden, und nachdem vielleicht Jahrtausende hindurch jene Schichtenbildung auf dem Meeresgrund statt gefunden hatte, trat eine Zeit der Ruhe ein, bis durch neue Sprengungen und Erschütterungen der Erdrinde die alten Gesteinsschichten stellen-

weise zertrümmert wurden und dadurch neues Material zur Sedimentirung bildeten. Aus den angestellten Untersuchungen ergiebt sich, daß seit der Ablagerung des krystallinischen Schiefergesteins acht Perioden der Sedimentbildung stattgefunden haben, welche durch längere oder kürzere Perioden der Ruhe von einander getrennt waren. Die Niederschlagsperioden müssen selbst von verschiedener Dauer gewesen sein, da die während derselben abgelagerten Schichtensysteme bald eine sehr bedeutende, bald eine nur geringe Mächtigkeit haben. Auch fand die Ablagerung nicht immer an allen vom Wasser bedeckten Stellen, sondern bisweilen auch nur in einzelnen Gegenden statt, weßhalb die Sedimente gewisser Perioden nur in einigen Ländern gefunden werden, was namentlich von den Schichten der zweiten, dritten, siebenten und achten Periode gilt. Die acht Perioden der Sedimentation sind:

1) Periode des Uebergangsgebirges; diese zeichnet sich durch die massenhafte Ablagerung der Grauwacke, des ältesten Sandsteins, welcher sich auf der Erde gebildet hat, aus; da die Schichten sehr zahlreich sind und eine bedeutende Mächtigkeit besitzen, so muß diese Periode sehr lange gedauert haben. Die Schichten des Uebergangsgebirges liegen unmittelbar über denen der krystallinischen Schiefer, an vielen Stellen sogar auf dem Urgranit, und sind über die ganze Erde verbreitet, obgleich sie eben so wenig wie die krystallinischen Schieferschichten eine continuirliche Hülle um den ursprünglichen Erdkörper bilden, da sie an vielen Stellen durch später erfolgte Eruptionen und Erschütterungen zertrümmert und zerrissen wurden. Da diese Schichten zwischen dem von organischen Resten vollkommen freien Urgesteinen und an organischen Resten reichen Sedimente liegen, so werden sie transitorische oder Uebergangsschichten genannt; sie sind nur arm an organischen Resten.

2) Die Periode der Steinkohlenformation; sie ist durch die Bildung der für uns so wichtigen Steinkohlenflötze charakterisirt. Ihre Schichten müssen sich in Meeresbuchten und abgeschlossenen Bassins gebildet haben, besitzen eine geringe Ausdehnung und Mächtigkeit und scheinen ziemlich vereinzelt über die Erde zerstreut zu sein.

3) Die Periode des Zechsteins und des Kupferschiefers oder die gemischte Periode; ihre Schichten sind durch den sog. Zechstein und Kupferschiefer besonders charakterisirt, kommen nur in wenigen Gegenden vor und haben auch eine verhältnißmäßig geringe Mächtigkeit.

4) Die Periode der Trias; sie hat ihren Namen von drei verschiedenen übereinander liegenden Formationen, welche während ihrer anscheinend sehr langen Dauer abgelagert wurden und in der Formation des Buntsandsteins, in der des Muschelkalkes und in der des Keupers oder bunten Mergels, welche letztere die weißen Steinsalzlager umschließt, bestehen.

5) Die jurassische Periode; sie ist durch die mächtigen Schichten des Jurakalkes und verwandter Formationen charakterisirt und hat ebenfalls lange Zeit gedauert; die Schichten finden sich wie die der vorhergehenden Periode über die ganze Erde verbreitet und setzen zum Theil große Stücke der Erdoberfläche zusammen.

6) Die Kreideperiode; sie ist besonders durch die Kreideschichten charakterisirt und muß wegen der sehr bedeutenden Mächtigkeit derselben und wegen ihrer großen Verbreitung lange Zeit gedauert haben.

7) Die Tertiärperiode; diese Periode trat nach der Erhebung der gegenwärtigen Continente, mit welcher die Kreideperiode geendet zu haben scheint, ein, und hat ebenfalls sehr lange gedauert. Ihre Ablagerungen haben keine bedeutende Ausdehnung, obgleich sie über der ganzen Erde verbreitet sind; sie haben sich auf dem Grunde von Meeresbuchten und im Binnenlande liegender Becken von süßem und salzigem Wasser gebildet; die Schichten sind deßhalb sehr zerstreut, von sehr verschiedener Beschaffenheit und zeigen nicht die Uebereinstimmung, welche die der früheren Perioden haben.

8) Die Periode des Diluviums ist der gegenwärtigen Periode unmittelbar vorausgegangen und hatte eine nur sehr kurze Dauer; während derselben ist die Verschiedenheit des Klimas und der Wechsel der Jahreszeiten in verschiedenen Breiten der Erdoberfläche, Erscheinungen, die sich bereits in der Tertiärperiode geltend gemacht haben, vollends ausgebildet worden. Sie war charakteristisch durch das massenhafte Auftreten der Gletscher und durch große Ueberschwemmungen einzelner Theile der Erdoberfläche.

Die Ablagerungen aller dieser Perioden bestehen der Hauptsache nach aus Kalk, Sandstein, thonigen Schiefergesteinen und Conglomeraten, jedoch sind die Kalke, die Sandsteine u. s. w. der einen Periode sehr verschieden von denen einer anderen; gewöhnlich hat auch die Ablagerung einer Periode nicht ununterbrochen statt gefunden, sondern in von einander getrennten Zeiträumen, weßhalb eine jede Periode in Epochen, ein jedes Schichtensystem in Gruppen oder Formationen von Schiefern zerfällt, worüber in geognostischen Werken zu vergleichen ist.

§. 158. Jede Formation enthält ihre eigenthümlichen Reste von Thieren (und Pflanzen), welche nicht in die Nachbarschichten darüber oder darunter übergehen. Es giebt jedoch eine Verbindung zwischen den verschiedenen Formationen, welche um so stärker ist, als sich die Formationen in ihrem Alter um so näher stehen, wie z. B. die organischen Reste der Kreideformation, obgleich von denen aller übrigen Formationen verschieden, denen der Oolithenformation, welche unmittelbar vorangeht, näher verwandt sind, als denen der weit älteren Kohlenformation und die in dieser vorkommenden Reste stehen wieder denen älteren Gebirges näher, als denen des Tertiärgebirges. Wie man nun verschiedene Perioden der Erdbildung zu unterscheiden hat, so stellen sich diesen auch verschiedene Perioden der Thierschöpfungen daneben und zwar:

1) Die Periode der Fische, welche der Periode der Bildung des Thonschiefers bis zum Zechstein entspricht; sie wird auch das primäre oder paläozoische Alter genannt.

2) Die Periode der Amphibien und Reptilien oder das secundäre Alter umfaßt die Zeit der Bildung der Steinkohlen-, Trias-, Oolithen- und Kreideformation.

3) Die Periode der Säugethiere oder das tertiäre Alter umfaßt die Zeit der tertiären Bildungen, und

4) Die Periode der Menschen oder das jetzige Alter, welche nach der letzten Erdumwälzung eingetreten ist und durch das Erscheinen des vollkommensten der thierischen Geschöpfe gehörig bezeichnet ist.

§. 159. Während der ersten Periode der Thierschöpfung war die Oberfläche der Erde fast nur mit Wasser bedeckt, aus welchem wenige Inseln hervorragten, die aber wohl häufig in Folge der inneren vulkanischen Thätigkeit wieder in das Wasser zurücksanken. Die damals herrschende hohe Temperatur der Luft und des Wassers ließ keine Unterschiede in der Wärme nach Zonen zu und da nun auch vorwaltend nur Wasser vorhanden war, so müssen die Thiere jener Periode vorzugsweise nur Wasserbewohner gewesen sein und eine mehr gleichmäßige Verbreitung gehabt haben. Es herrschten in jener Zeit die Fische vor, die aber zum Theil eine so außerordentliche Form hatten, daß man ihre Ueberreste oft ganz verkannt und als die anderer Thiere betrachtet hat. Die Fische jener Periode sind im Allgemeinen haiähnlich oder gehören zur Familie der Ganoiden; an keinem der bis jetzt aufgefundenen und am besten erhaltenen Ueberreste findet sich eine Spur von Wirbelkörpern, sondern sie zeigen stets nur deren Dornenfortsätze, woraus sich schließen läßt, daß die Wirbelkörper wie bei den jetzigen Stören knorpelig waren; diese Fischüberreste finden sich in der größten Menge in dem bituminösen Mergel- oder Kupferschiefer. Die Weichthiere jener Periode finden sich mit Ausnahme der Tunicaten, welche freilich sehr leicht zerstörbar sind, aus allen Ordnungen; die Cephalopoden sind durch mehrere Familien vertreten, welche sich an die noch jetzt vorhandene Gattung Nautilus eng anschließen; Bauchfüsser finden sich nur wenige, davon aber einige von ganz besonderer Form und Structur; von den Kopflosen finden sich besonders solche aus der Ordnung der Brachiopoden und sind zum Theil noch jetzt durch die Gattungen Lingula und Terebratula vertreten. Die Gliederthiere jener Periode sind meist Trilobiten, welche sich am meisten den noch lebenden Phyllopoden anschließen, aber eine besondere Ordnung mit Familien und außerordentlich gebildeten Arten bilden; sie kommen in der größten Menge im Grauwackenkalkstein vor und fehlen über den Steinkohlen gänzlich. Auch eigentliche Insecten, Schaben und Käfer finden sich in der Kohle. Von den Echinodermen finden sich solche aus der Ordnung der Haarsterne und eine fremdartige Gruppe bilden die Cystideen. Die Polypen jener Zeit stimmen bis auf die Gattungen mit den jetzigen überein. Da sich nun auch in fast allen Formationen jener Periode Wurmröhren vorfinden, die sich zwar nicht genau bestimmen lassen, aber doch das Vorhandensein von Würmern in jener Periode darthun, so ergiebt sich hieraus, daß schon damals in der thierischen Entwicklung sämmtliche typische Abtheilungen des Thierreiches vertreten waren, wenn auch die Wirbelthiere (wenn man von den wenigen, in den Kohlenschichten vorkommenden, eidechsenartigen Thieren [Archegosaurus und Proterosaurus] absieht, welche ohnedem für den allgemeinen Charakter jener Periode ohne Bedeutung sind) durch die relativ am niedrigsten stehende Klasse.

§. 160. Die zweite Periode der Thierschöpfung erstreckt sich vom bunten Sandstein bis zur Kreide. In Folge des Sinkens der Temperatur, ohne daß jedoch die Erdoberfläche ihren tropischen Charakter verlor, und in Folge der Erhebung größerer Länderstrecken über das Meer war der Schöpfung der Landthiere ein weiteres Gebiet gewährt und es entfaltete sich eine größere Mannigfaltigkeit der Thiere (und Pflanzen). Die phantastischen Gestalten der früheren Periode verschwinden und an ihre Stelle

tritt eine größere Symmetrie der Formen. Es finden sich jetzt alle Klassen der Wirbelthiere vertreten; Säugethiere (namentlich nur Beutelthiere) in dem oberen Jura und Vögel (nur Sumpfvögel) in einer besonderen, in England sich findenden Süßwasserbildung, in der sog. Wäldergruppe; in der höchsten Entwicklung findet sich aber die Amphibien- und Reptilienwelt, weßhalb auch diese Periode die der Amphibien und Reptilien genannt wird. Die Amphibien gehören zum Theil in jetzt noch vorhandene Familien und Ordnungen, zum Theil vereinigen sie aber Charaktere, die jetzt verschiedenen Ordnungen, ja sogar verschiedenen Klassen eigen sind; die Ichthyosauren, welche sich insbesonders häufig finden und sowohl erhaltene Skelete haben, daß man im Stande ist, dieselben bis zu den feinsten Einzelheiten des Baues zu untersuchen, bilden in einigen Beziehungen ein Mittelglied zwischen Fischen und Säugethieren und können als Urbilder der Wale angesehen werden, da wie bei diesen die Gliedmaßen flossenförmig gebaut sind; der Plesiosaurus hat zwar einen ähnlichen Bau, aber einen langen, einigermaßen dem von manchem unserer Vögel ähnlichen Hals, und Pterodactylus zeigt wie bei den Fledermäusen verlängerte Finger, weßhalb man ihn des Fluges fähig gewesen betrachtet. Auch Schildkröten finden sich in der Oolithenformation. Von den Fischen sind die eckschuppigen Ganoiden zu erwähnen als die vorherrschenden, während in dieser Periode aber auch wahre Knochenfische auftreten. Die Weichthiere finden sich aus allen Klassen; die Formen der früheren Periode sind fast gänzlich verschwunden und durch neue ersetzt; von den Brachiopoden findet sich nur noch eine Form häufig, nemlich Terebratula, während Gasteropoden und Cephalopoden, von letzteren namentlich die Ammoniten auffallend, in großer Mannigfaltigkeit und die Belemniten als die ersten Vertreter der Sepien auftreten. Die Crustaceen finden sich bereits in den am meisten entwickelten Formen, als lang- und kurzschwänzige Krebse, während Insecten und Spinnen große Seltenheiten sind. Unter den Strahlenthieren zeigt sich eine große Mannichfaltigkeit und die Klasse der Echinodermen erhält in dieser Periode eine große Veränderung, indem zwar anfangs noch die Crinoideen vorherrschen, diese aber in der Kreide bis auf wenige Formen verschwinden und hier durch die noch heute lebenden Seesterne und Seeigel ersetzt werden. Die in der Trias ganz fehlenden Polypen zeigen sich in desto größeren Massen im Jura, wo sie ausgedehnte Korallenriffe bilden; die kreidebildenden Thierchen haben in verschiedenen Formen eine specifische Uebereinstimmung mit den jetzigen Schnörkelkorallen oder Foraminiferen.

§. 161. Die dritte Periode der Thierschöpfung fällt mit dem Zeitraum der Tertiärformationen zusammen. Mit der immer mehr und mehr stattfindenden Umänderung der Erdoberfläche zu ihrer jetzigen Gestalt und mit dem weiteren Sinken der Temperatur, wodurch die klimatischen Unterschiede ausgebildet wurden, nahm auch die neue Thierwelt eine ganz andere, der Jetztwelt sich mehr nähernde Gestalt an. Es treten die großen meerischen oder amphibienartigen Reptilien zurück, wogegen nun große Säugethiere auftreten, weßhalb diese Thierschöpfung den Namen Säugethierperiode erhalten hat. Hier findet man auch die ersten Reste von bestimmten Süßwasserthieren. Die unteren Tertiärschichten sind besonders durch die großen Pachydermen ausgezeichnet, welche in vielen Gattungen wieder erloschen

sind; die Paläotherien finden sich am häufigsten und gleichen in mancher Beziehung den Tapiren, während die Anoplotherien von schlankerem Bau sind. Der Basilosaurus, ein wahres Walthier von riesenmäßigen Dimensionen, so wie auch Affenreste finden sich ebenfalls in den unteren Tertiärschichten. Die Thierwelt der oberen Tertiärschichten nähert sich immer mehr der jetzigen Thierschöpfung; außer den Pauchydermen, von denen Dinotherium dieser Ordnung mit der der pflanzenfressenden Wale verbindet, finden sich Raubthiere, von welchen einige den Löwen und Tiger an Größe übertreffen, riesenmäßige Edendaten und große Nager. Diese Thiere gehören im Allgemeinen zu denselben Familien und meist auch zu denselben Gattungen der Jetztzeit und sind nur noch in den Arten verschieden. Viele der häufigsten Formen der früheren Schöpfungen sind ganz verschwunden, was besonders bei den Weichthieren und Fischen auffällig ist, indem die zwei großen Familien der Ammoniten und Belemniten aus der Kreideperiode in der Tertiärperiode gänzlich ausgestorben sind, die mit schmelzartigen Schuppen versehenen Fische der früheren Perioden denen mit hornartigen Schuppen der neuesten Periode Platz gemacht haben. Eine andere wichtige Thatsache hat sich bei dem Studium der Fauna der Tertiärschichten herausgestellt, nemlich die, daß in dieser Periode die Thiere einerlei Art in engere Grenzen eingeschlossen waren und daß besondere Thiergruppen, welche jetzt nur in besonderen Gegenden vorkommen, auch während der Tertiärperiode in denselben Gegenden gelebt haben.

§. 162. Zwischen der Tertiärperiode und der jetzigen Periode besteht keine unmittelbare Verbindung, vielmehr sind beide Zeitabschnitte durch große geologische Ereignisse von einander getrennt. Das Klima der nördlichen Halbkugel, welches während der Tertiärperiode so warm war, daß Palmen innerhalb der Grenzen der jetzigen gemäßigten Zone wachsen konnten, wurde am Ende immer kälter und veranlaßte dadurch ein Voranrücken des Polareises weit über seine früheren Grenzen. Dieses Eis in Form schwimmender Eisberge oder, wahrscheinlicher, auf dem Grunde nach der Art unserer jetzigen Gletscher gleitend, bewegte sich nach Süden, rundete und glättete dabei die härtesten Felsmassen und führte zahllose Stücke derselben mit fort, welche es bis in der Mitte der jetzigen gemäßigten Zone brachte und hier nach dem Aufthauen liegen ließ, wo sie sich eben befanden; es sind dieses die sog. erratischen Blöcke, nordischen Geschiebe oder Triftblöcke. Nach diesem Zeitabschnitt trat eine solche Senkung der Continente der nördlichen Halbkugel ein, daß sie vom Meer bedeckt wurden. In den hieraus sich bildenden Niederschlägen, die Diluvial- oder Pleistocänformation bildend, finden sich erst unzweifelhafte Spuren von jetzt noch lebenden Thierarten, die jedoch sämmtlich Meeresbewohner gewesen sind. Süßwasserthiere erscheinen erst später, nachdem das Meer sich wieder zurückgezogen hatte, und müssen später als die Meeresbewohner geschaffen worden sein, da sie ihrer Organisation nach nicht aus anderen Gegenden haben einwandern können. Unter den Landthieren dieses Zeitabschnittes giebt es bereits Vertreter aller Gattungen und Arten der neuen Schöpfung, aber auch viele erloschene Typen, die mitunter von ungeheurer Größe waren, wie z. B. der amerikanische Mammuth, dessen Reste sich in den obersten Schichten der Erde finden. Dieses Thier ist wahrscheinlich auch die letzte Thierart, welche vor

der Schöpfung des Menschen erloschen ist. Agassiz, der Begründer der Theorie von der sog. Driftperiode oder Eiszeit, nimmt aus dem Angeführten an, daß in der Geschichte der noch lebenden Thierarten zwei Zeitabschnitte zu unterscheiden seien, einer, worin die jetzigen Seethiere, und ein anderer, worin die Land- und Süßwasserthiere, an ihrer Spitze der Mensch, erschienen seien, eine Ansicht, die nur von wenigen Paläozoologen getheilt wird.

Döbereiner's

Deutsches Apothekerbuch.

Zweiter Theil.

Dritte Abtheilung.

STADTBIBLIOTHEK AUGSBURG

Grundriß

der

Physik

von

Dr. W. Hankel,

Professor an der Universität zu Halle.

Mit vielen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

STADTBIBLIOTHEK AUGSBURG

Schnellpressendruck der Königlichen Hofbuchdruckerei Zu Guttenberg
in Stuttgart.

Inhaltsverzeichniß.

Seite

Fünfter Abschnitt.

Sechster Abschnitt.

Siebenter Abschnitt.

Achter Abschnitt.

Neunter Abschnitt.

Zehnter Abschnitt.

Eilfter Abschnitt.

§. 1. Die *Naturwissenschaften* zerfallen in die *Naturgeschichte* und in die *Physik*. Während die erstere die Naturkörper nach ihren inneren und äußeren Formen untersucht, und ihre charakteristischen Kennzeichen hervorhebt, um sie mittelst derselben in ein System zu vereinigen, so beschäftigt sich die Physik mit den Veränderungen, welche sich an diesen Körpern zeigen, und forscht nach den Kräften und ihren Gesetzen, durch welche diese Veränderungen erzeugt werden. Die Physik behandelt nun entweder die an den unorganischen Körpern thätigen Kräfte, oder sie wendet sich zu der Lebenskraft der organischen Geschöpfe, und sucht die Funktionen der einzelnen Organe und die Art ihrer Wirkungen näher zu bestimmen. Dieser letztere Theil der Physik bildet die *Physiologie*; der erstere dagegen trennt sich wieder in *Chemie* und in *Physik im engern Sinne*. Es ist nicht möglich, die Grenzen beider Wissenschaften, der *Chemie* und der *Physik* im engern Sinne genau anzugeben, weil die Gebiete derselben in der That nicht geschieden sind, sondern in mehreren Punkten in einander greifen, ebenso wie die Physik vielfach mit der Physiologie auf gleichem Boden thätig ist. Im Allgemeinen kann man sagen, daß die Chemie diejenigen Veränderungen an den Körpern in Betracht ziehe, welche in der Zusammensetzung der einzelnen Bestandtheile der Körper vorgehen, während die Physik diejenigen Erscheinungen, bei welchen die Zusammensetzung nicht verändert wird, zu erforschen bemüht ist. Es ist also die Aufgabe der Physik, die Kräfte, welche an der Materie überhaupt sich thätig zeigen, sowie die Gesetze, nach welchen sie wirken, genau zu erforschen.

§. 2. Die Physik hat daher auf alle Erscheinungen in der Natur sorgfältig Acht zu geben, um ihren Zusammenhang mit anderen verwandten zu erkennen; sie hat *Beobachtungen*, wie man es nennt, anzustellen. Da aber viele Erscheinungen in der Natur sich entweder nie von selbst darbieten würden, oder doch wenigstens nicht unter solchen Umständen, daß ihre genaue Beobachtung möglich wäre, so sucht die Physik nach eigener Bestimmung diese Erscheinungen hervorzurufen, indem sie die zu ihrem Auftreten nöthigen Bedingungen erfüllt; sie macht *Versuche* oder *Experimente*. Durch diese allein ist es möglich, die in einer durch die Natur dargebotenen Erscheinung liegenden einzelnen Momente ruhig zu betrachten, und durch zweckmäßig angeordnete Abänderungen die in derselben versteckt liegenden Wirkungen und Beziehungen der einzelnen Kräfte deutlich vor den übrigen nach einander heraustreten zu lassen. Durch sie allein ist es ferner auch möglich, mit Genauigkeit die bei einem Phänomen auftretenden Verhältnisse

zu messen, und eine Theorie aufzustellen, für welche die Uebereinstimmung mit diesen Messungen die schönste Bestätigung liefert. Eine solche Theorie wird sich dann ihrerseits aber auch wieder fruchtbar beweisen, und zu einer Reihe von neuen Erscheinungen führen.

Läßt sich durch nicht völlig ausreichende Gründe nicht die Wahrheit, sondern bloß die Wahrscheinlichkeit einer Theorie nachweisen, so betrachtet man dieselbe nur als eine Hypothese, d. h. als ein einstweiliges Hülfsmittel, um eine ganze Klasse von Erscheinungen unter einem Ausdrucke zusammenzufassen; und ist stets bereit, dieselbe durch stärkere Gründe zu stützen, oder, wenn dieß nicht gelingt, sie durch eine andere, bessere und naturgemäßere zu ersetzen.

Erster Abschnitt.

Die allgemeinen Eigenschaften der Körper.

§. 3. Das gewöhnliche Bewußtsein verbindet mit dem Begriffe des Körpers gewisse Eigenschaften, welche, weil sie leicht an allen Körpern wahrgenommen werden können, den Namen der allgemeinen erhalten haben, und glaubt, daß durch sie allein das Wesen desselben völlig dargestellt werde, was jedoch keinesweges richtig ist. Es mag dessenungeachtet diesen sogenannten allgemeinen Eigenschaften hier zunächst eine Besprechung zu Theil werden, wenn dieselbe auch nur zu einer Verständigung über die Bedeutung derselben dient, ohne eine Erklärung derselben zu geben. Zugleich wird sich dabei auch Gelegenheit zur Erörterung einiger Punkte darbieten, deren, wenn gleich nur vorläufige Kenntniß für das Folgende nützlich sein wird.

§. 4. Jeder physische Körper besitzt Ausdehnung, d. h. er nimmt einen Raum ein, ist also nach Länge, Breite und Höhe ausgedehnt. Diese Eigenschaft hat der physische Körper mit dem mathematischen gemein, unterscheidet sich aber von dem letztern dadurch, daß er seinen Raum durch seinen Stoff oder durch seine Materie ausfüllt, während der mathematische Körper nur als der leere Raum gedacht werden muß.

Um die Ausdehnung eines Körpers zu bestimmen, vergleicht man denselben, mit gewissen anderen, den sogenannten Maaßen, deren Größe durch Uebereinkunft genau bestimmt ist. In Deutschland, England (und früher auch in Frankreich) gebraucht man in der Physik als Längemaaß den Fuß, und theilt denselben wieder in zwölf Zolle, und jeden Zoll in zwölf Linien. Jetzt ist in Frankreich, und auch zum Theil bei den Arbeiten der Physiker anderer Länder das Meter als Grundlage des Maaßes eingeführt. —

Will man Angaben, die nach zwei verschiedenen Maaßen gemacht sind, mit einander vergleichen, so ist es nöthig, daß man das Verhältniß der beiden Maaße genau kennt, um die nach dem einen Maaße gegebenen Zahlen auf das andere reduciren zu können. Niemand wird läugnen, daß es wünschenswerth wäre, dieser Reductionen überhoben zu sein, was freilich nur unter der Bedingung der allgemeinen Anwendung eines und desselben Maaßes geschehen könnte. Auch ist es zweckmäßig, das Grundmaaß mit der Größe bestimmter unveränderlicher Gegenstände zu vergleichen, um im Fall des Verlustes des ursprünglichen Maaßstabes einen völlig gleichen wieder herstellen zu können.

Die Franzosen haben deßhalb ihr Maaßsystem mit der Größe der Erde verglichen; den zehnmillionensten Theil des Quadranten eines Erdmeridians, also den vierzigmillionensten Theil eines größten Kreises, der auf der Erdoberfläche durch die beiden Pole gezogen ist, nennen sie ein Meter. Um das Vielfache desselben zu bezeichnen, setzen sie vor das Wort Meter die griechischen Benennungen der Zahlen, und um aliquote Theile desselben anzugeben, die lateinischen; zugleich ist zur leichtern Reduction der höheren Einheiten auf niedere und umgekehrt die Eintheilung zehntheilig wie in unserm Zahlensysteme gemacht. 10 Meter heißen ein Dekameter, 100 M. ein Hektometer, 1000 M. ein Kilometer; $\frac{1}{10}$ Meter heißt ein Decimeter, $\frac{1}{100}$ M. ein Centimeter, $\frac{1}{1000}$ M. ein Millimeter.

Nach den genauesten Vergleichungen der verschiedenen Maaße, von denen hier nur die bekanntesten erwähnt werden sollen, ist

1 preuß.	Fuß	= 0,31385	Meter	oder	= 313,85 Millimeter.
1 Pariser	„	= 0,32484	„	„	= 324,84 „
1 engl.	„	= 0,30479	„	„	= 304,79 „
1 Wiener	„	= 0,31611	„	„	= 316,11 „

Die Ausmessung von Flächen erfolgt nach Quadratfuß, Quadratmeter u. s. w.; und die Ausmessung der Körper nach Cubikfuß, Cubikmeter u. s. w.

Für die Ausmessung der Flüssigkeiten (oder loser körniger Massen) dienen die Hohlmaaße. Ein Liter ist ein Cubus von ein Decimeter Seite; aus dem nach diesem Maaße bestimmten Volumen einer Flüssigkeit läßt sich, wenn die Dichtigkeit bekannt ist, sehr leicht das Gewicht derselben in Grammen (der weiterhin zu erwähnenden Gewichtseinheit) finden. Ein preußisches Quart enthält 64 preuß. Cubikzoll.

1 preuß. Quart ist	= 1,1450 Liter.
1 engl. Gallon	= 4,5435 „
1 östr. Maaß	= 1,4151 „

(Ueber die Anwendung der Länge des einfachen Secundenpendels zur Maaßeinheit s. den Abschnitt über Pendel.)

§. 5. Da der Raum theilbar ist, so wird der Körper, der einen Raum einnimmt, ebenfalls theilbar sein. Man kann sich den Raum bis ins Unendliche getheilt denken, und ebenso die Materie, welche ihn ausfüllt. Ob man aber die Theilung der Materie bis ins Unendliche auch ausführen kann, läßt sich durch die Erfahrung nicht entscheiden. Man kann schon auf mechanischem Wege viele Körper äußerst fein zertheilen, aber noch weiter läßt sich diese Theilung auf chemischem Wege treiben, wodurch die Theilchen weit über die Grenzen der Sichtbarkeit (selbst bei Anwendung des stärksten Mikroskops) verkleinert werden. In einer vollständigen Lösung eines Körpers in einer Flüssigkeit kann man unter dem Mikroskop keine ungleichartigen Stellen entdecken. Auf mechanischem Wege hat Wollaston so feinen Platindraht gefertigt, daß seine Dicke nur $\frac{1}{3000}$ Linien betrug, und gegen 3000 Fuß desselben erst einen Gran wiegen würden. (Er nahm einen dünnen Platindraht, befestigte ihn in einer cylindrischen Form als Axe, und umgoß ihn mit Silber; dann zog er dieses Stäbchen zum feinsten Drahte aus, und löste das Silber mit reiner Salpetersäure auf, wobei der im Innern befindliche

äußerst feine Platindraht ungelöst zurückblieb.) Riechende und färbende Stoffe liefern gleichfalls ein Beispiel für sehr feine Zertheilung.

Viele Naturforscher nehmen, namentlich auf eine Reihe von chemischen Erfahrungen gestützt, an, daß die Theilbarkeit nicht bis ins Unendliche fortgehe, sondern daß alle Körper aus kleinsten, nicht weiter zerlegbaren Theilchen, sogenannten Atomen zusammengesetzt seien. Es lassen sich indeß alle für diese atomistische Theorie aufgestellten Thatsachen auch auf eine andere Weise ohne die Annahme solcher Atome erklären.

§. 6. Nach der verschiedenen Art und Weise, wie die einzelnen Theilchen der Materie durch die zwischen ihnen wirkenden Kräfte zu einem Ganzen verbunden sind, bieten die Körper die bekannten drei Zustände des Festen, Flüssigen und Gasförmigen dar. Feste Körper sind diejenigen, welche eine selbstständige Gestalt besitzen, und dieselbe (bis auf kleine, durch Druck und Wärme hervorgebrachte Abänderungen) erhalten, während die flüssigen und gasförmigen Körper keine selbstständige Gestalt besitzen, sondern sich stets der Gestalt des Gefäßes, in welchem sie aufbewahrt werden, anschließen. Die Theilchen der flüssigen und gasförmigen Körper sind also vollkommen verschiebbar. Die flüssigen Körper nehmen, wenn sie im Raume sich selbst überlassen sind, die Kugelgestalt an (sie bilden in kleinen Mengen Tropfen) und heißen deßhalb auch wohl tropfbar flüssige, im Gegensatze zu den gasförmigen, welche diese Bildung nicht zeigen, und den Namen der elastisch flüssigen erhalten, weil sie das Bestreben haben, sich auf einen immer größern Raum auszudehnen. Letztere haben deßhalb kein bestimmtes Volumen; dieß hängt allein von dem äußern Druck ab. Während die festen und die flüssigen Körper ihr Volumen durch einen starken Druck nur wenig verkleinern, lassen sich die Gase sehr bedeutend zusammenpressen. Die meisten Substanzen können durch Wärme und Kälte und Druck in zwei oder auch in alle drei genannten Zustände versetzt werden (z. B. Eis, Wasser, Wasserdampf; feste, flüssige und luftförmige Kohlensäure).

§. 7. Der Raum, welchen ein Körper einnimmt, bleibt nicht unter allen Umständen derselbe; er läßt sich vielmehr durch Kräfte, die theils von außen, theils im Innern wirken, vergrößern und verkleinern. Man sagt deßhalb, daß die Körper Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit besitzen. Eine Saite, welche durch ein Gewicht gespannt und verlängert wird, verringert sich zwar auch in ihrer Dicke, aber weniger als ihre Verlängerung beträgt, so daß wirklich durch ihre Anspannung ihr Volumen vergrößert worden ist. Umgekehrt wird durch starken Druck das Volumen verkleinert; gehämmerte und gewalzte Metalle sind dichter als gegossene, sind also durch das Hämmern und Walzen auf einen kleinern Raum reducirt worden.

Die Erwärmung dehnt einen Körper ebenfalls aus, während umgekehrt die Erkältung eine Verkleinerung des Volumen veranlaßt. Man überzeugt sich von diesen Veränderungen sogleich durch folgenden Versuch. Man läßt einen messingenen Ring und eine messingene Kugel von solcher Größe fertigen, daß die Kugel so eben noch durch den Ring hindurchgeht; man erhitzt dann die Kugel, indem man sie an einem an ihr befestigten Drahte in die Flamme einer Spirituslampe hält, und bringt sie, wenn sie etwas erhitzt ist, wieder in den Ring. Jetzt wird sie nicht einmal mit Anstrengung durch dieselbe Oeffnung des kalten Ringes hindurchgezogen werden können, durch welche sie vorhin hindurchfiel; durch die Erwärmung ist also ihr Volumen vergrößert worden. Hat sich nach einiger Zeit die Kugel wieder abgekühlt, und zugleich

der Ring erwärmt, wodurch letzterer größer, erstere aber wieder kleiner geworden ist, so geht die Kugel wieder mit Leichtigkeit durch die Oeffnung des Ringes.

§. 8. Wenn man zugleich eine eiserne Kugel anfertigen läßt, welche mit der messingenen gleiche Größe hat, also bei gewöhnlicher Temperatur auch genau durch die Oeffnung des Ringes hindurchgeht, so wird es auffallen, daß man die eiserne Kugel stärker erhitzen muß, als die messingene, damit sie durch den Ring nicht mehr hindurchgehe. Dieß beweist, daß eine Temperaturerhöhung um dieselben Wärmegrade beim Messing eine größere Ausdehnung bewirkt, als beim Eisen. Noch sichtbarer tritt diese ungleiche Ausdehnung des Messings und des Eisens bei gleicher Erwärmung, und umgekehrt ihre ungleiche Zusammenziehung bei der Erkaltung hervor, wenn man die beiden Metalle gleichzeitig erwärmt, und den Unterschied in der Ausdehnung und Zusammenziehung sich unmittelbar den Augen darstellen läßt. Löthet man nämlich einen Streifen von Eisen E Fig. 1 mit einem gleich langen Streifen von Messing M zusammen, biegt diesen zusammengesetzten Streifen gerade, und befestigt ihn an dem einen Ende A, während das andere B frei über dem Nullpunkte einer eingetheilten Scala CD sich befindet, so wird bei der Erwärmung der Streifen sich krümmen, und das freie Ende sich über mehrere Theilstriche der Scala hinbewegen. Während der Abkühlung nähert sich dann das freie Ende wieder dem Nullpunkte der Scala, und geht, wenn der Streifen noch weiter durch eine Kältemischung (z. B. durch ein Gemenge aus Schnee und Kochsalz) erkältet wird, sogar über den Nullpunkt der Scala hinaus nach der andern Seite. Bei einer genauen Beobachtung wird man finden, daß beim Erwärmen der Streifen eine Krümmung annimmt (die Spitze B geht nach C hin), bei welcher das Messing auf der äußern, das Eisen dagegen auf der innern Seite der Krümmung, beim Erkalten dagegen umgekehrt das Eisen auf der äußern und das Messing auf der innern Seite liegt (die Spitze B geht nach D hin). Da nun der äußere Kreis größer ist als der innere, so folgt aus dem Angeführten, daß das Messing sein Volumen bei gleichen Temperaturänderungen stärker ändert, als das Eisen, d. h. es dehnt sich beim Erwärmen stärker aus, und zieht sich beim Erkalten stärker zusammen als das Eisen.

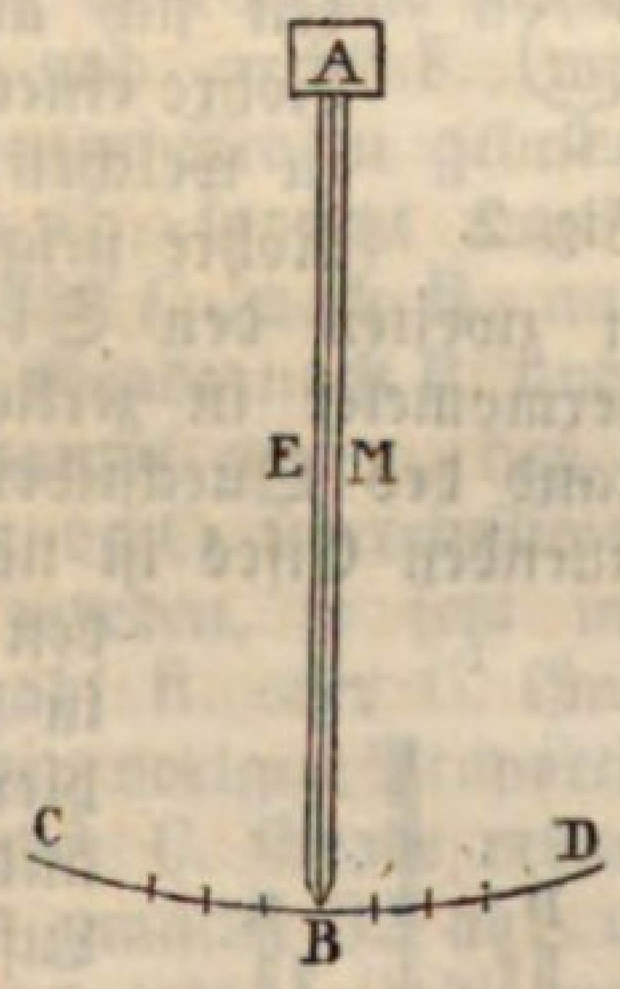


Fig. 1.

(Man vergl. die specielle Angabe unter dem Abschnitte von der Wärme.)

§. 9. Unser Körper nimmt zwar eine Aenderung der Temperatur, wenn sie nicht gerade klein ist, wahr, taugt aber für genaue Angabe durchaus nicht, weil selbst die Stimmung und das Befinden und andere äußere Einflüsse ein falsches Urtheil über die Temperatur veranlassen können. Es ist deßhalb eine glückliche Idee gewesen die Ausdehnung der leblosen Körper, bei welchen solche zufällige Umstände nicht obwalten, zur Messung der Wärme und Kälte zu benutzen. Eine einfache Metallstange, deren Länge man mit Genauigkeit mäße, wenn sie sich unter verschiedenen Temperaturen befände, würde schon als Wärmemesser oder als Thermometer dienen können; auch der vorhin angegebene Streifen aus zweierlei Metall würde durch die Differenz an den Ausdehnungen der beiden Metalle ein zu gleichem Zwecke brauchbares Instrument liefern. (S. Abschnitt über Wärme.)

Da die Flüssigkeiten sich aber für eine gleiche Temperaturveränderung viel stärker ausdehnen als die Metalle, so wird es für eine genaue Temperaturbestimmung vortheilhafter sein, die Ausdehnung der Flüssigkeiten als Thermometer zu benutzen. Man bläst zu diesem Zweck an eine sehr enge Glasröhre AB eine Kugel C an Fig. 2, füllt die Kugel und einen Theil der Röhre mit reinem Quecksilber, ohne daß eine Luftblase in der Röhre zurückbleibt, und schmilzt die Röhre am obern Ende (gewöhnlich) zu. Bei der Erwärmung dehnt sich sowohl das Glas, als auch das Quecksilber aus, letzteres jedoch stärker; es hat folglich in der Kugel nicht Raum, und steigt in der engen Röhre in die Höhe. Beim Erkalten erfolgt natürlich das Umgekehrte. Damit aber alle Thermometer übereinstimmende Angaben (oder wenigstens solche, die mit Genauigkeit sich auf einander reduciren lassen) geben, müssen an der Röhre eines jeden Instrumentes zwei Punkte bestimmt werden, bis zu welchen bei gegebenen Temperaturen das Quecksilber in der Röhre steigt. Den einen nennt man den **Gefrierpunkt**, und den zweiten den **Siedepunkt**; erstern bestimmt man, indem man das Thermometer in zerkleinertes aufthauendes Eis bringt, und wartet bis der Stand des Quecksilbers stationär geworden ist (die Temperatur des aufthauenden Eises ist nämlich unveränderlich dieselbe). Den zweiten Punkt, den Siedepunkt, erhält man, wenn man das Instrument in die Dämpfe des kochenden Wassers hält, bis auch hier wieder der Stand des Quecksilbers sich nicht mehr ändert. Um die Abkühlung der Dämpfe durch die äußere Luft zu vermeiden, wendet man zu der Bestimmung des Siedepunktes am besten einen blechernen, am untern Ende verschlossenen Cylinder AA an, in welchen das zu erhitzende Wasser E gegossen wird. Die obere Oeffnung desselben verschließt man mittelst eines Korkes, durch welchen eine engere blecherne Röhre BB hindurch geht; in dem Innern der Röhre BB befestigt man das Thermometer C so, daß die ganze Thermometerröhre bis fast zum Siedepunkte in dieselbe eingeschlossen ist. Zwischen beiden Röhren gehen durch den Kork noch eine oder zwei, an beiden Enden offene Glasröhren D, D. Wird das Wasser E durch eine untergestellte Spirituslampe ins Sieden gebracht, und in lebhaftem Sieden erhalten, so befindet sich Wasserdampf nicht nur im Innern der Röhre B, sondern auch außerhalb derselben, so daß jede Abkühlung von außen in dem Innern des Raumes BB unmöglich ist. Der Dampf außerhalb BB kann durch die Röhren DD entweichen, während der in BB befindliche neben dem Thermometer oben seinen Ausgang findet. Das Thermometer nimmt hier nun nach und nach genau die Temperatur des Dampfes an; man bemerkt sich auf seiner Röhre den Stand des Quecksilbers. Die Temperatur des Wasserdampfes ist aber, wie später (s. Wasserdämpfe) sich ergeben wird, abhängig von dem Luftdrucke, also von dem Barometerstande, welcher bekanntlich den Luftdruck mißt. Nur bei einem Barometerstande von 28 Zoll hat der Wasserdampf diejenige Temperatur, bei welcher man den Siedepunkt des Thermometers allgemein bestimmt. Man muß also mit der Bestimmung des Siedepunktes an einem Thermometer warten, bis sich dieser

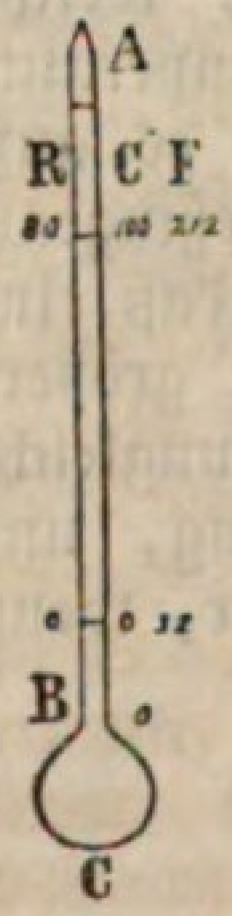


Fig. 2.

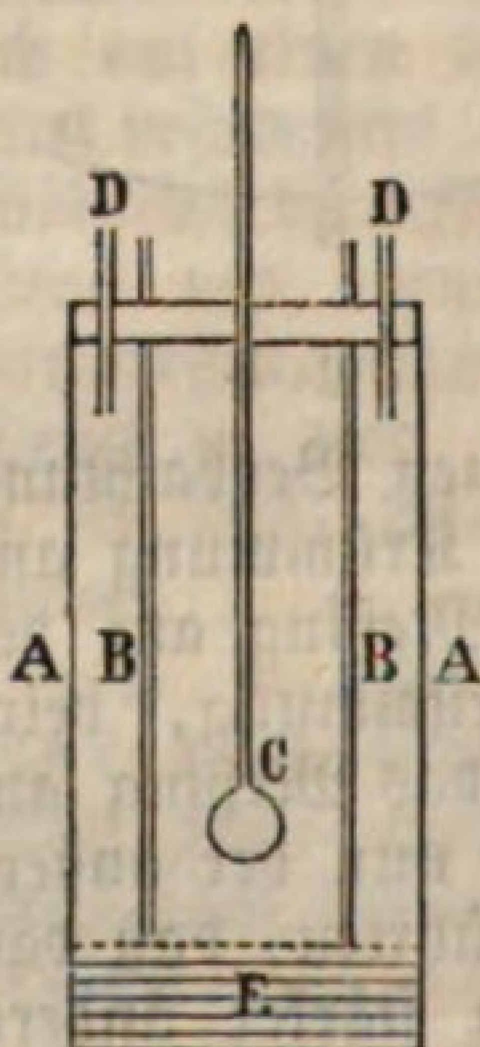


Fig. 3.

Luftdruck eingestellt hat, oder man muß, wenn der Versuch unter einem andern Luftdrucke angestellt wird, die deßhalb nöthige Correction anbringen.

§. 10. Die Entfernung von dem Gefrierpunkte zum Siedepunkte ist nun auf verschiedene Weise eingetheilt worden. Reaumur theilt diesen Raum in 80 gleiche Theile oder Grade, Celsius in 100, und Fahrenheit in 180. Die Theilung der Thermometerröhre wird über und unter den beiden, vorhin bestimmten Punkten fortgesetzt in gleicher Weise wie zwischen ihnen. Reaumur und Celsius fangen beim Gefrierpunkte mit 0 an, während Fahrenheit neben seinen Gefrierpunkt 32° schreibt, also seinen Nullpunkt noch 32° unter den Gefrierpunkt setzt. Beim Siedepunkt steht also bei Reaumur 80°, bei Celsius 100°, und bei Fahrenheit 180° + 32°, also 212°.

Es ist leicht durch einfache Proportionen die nach verschiedenen Scalen gemachten Thermometerangaben auf einander zu reduciren. Dieselbe Länge der Scale, welche Reaumur in 80° theilt, theilt Celsius in 100 und Fahrenheit in 180. Folglich werden 4° R. gleich sein 5° C. und = 9° F., wenn die Buchstaben R., C., F. zur Bezeichnung der verschiedenen Scalen gebraucht werden. Sollten z. B. 20° R. verwandelt werden in C., so setzt man an $4:5 = 20:x$; es ist $x = 25°$ C. Um umgekehrt 35° C. nach R. anzugeben, so ist $5:4 = 35:x$, also $x = 28°$ R. Sind Grade nach R. und C. auf F. zu reduciren, oder umgekehrt, so muß man darauf achten, daß der F. Nullpunkt nicht mit dem Nullpunkte bei R. und C. übereinstimme. Sollen R. oder C. Grade auf F. Grade reducirt werden, so setzt man bei R. 4 : 9, und bei C. 5 : 9 wie die gegebene Anzahl R. oder C. Grade zu x, und addirt zu dem berechneten vierten Gliede der vorigen Proportion noch 32 hinzu. Sollen F. Grade dagegen auf R. oder C. Grade reducirt werden, so zieht man von den gegebenen F. Graden zunächst 32 ab, und setzt dann an 9 : 4 oder 9 : 5 wie der Rest (d. h. die gegebene Zahl weniger 32) zu x. Einige Beispiele werden auch hier die Rechnung gleich deutlich machen. Wie viel F. Grade sind 32° R.? Man setzt an $4:9 = 32:x$; $x = 72$ und addirt 32 hinzu, es sind also 32° R. = 104° F. — 45° C. sind wie viel F. Grade? $5:9 = 45:x$, $x = 81$; 32 hinzu addirt macht 113° F. — Wie viel sind 122° F. Grade nach R.? Man zieht zunächst 32° ab, dann bleiben 90, und setzt an $9:4 = 90:x$, $x = 40°$ R. — 131° F. wie viel C.? Man zieht zunächst wieder 32 ab, dann bleiben 99, und setzt an $9:5 = 99:x$; $x = 55°$ C.

§. 11. Die luftförmigen Körper ändern durch Erwärmung oder Erkältung ihr Volumen noch bei weitem stärker als die Flüssigkeiten, und lassen sich deßhalb sehr gut zur Construction von Thermometern anwenden, wie später unter dem über die Wärme handelnden Abschnitte noch weiter wird erörtert werden, da es jetzt nur darauf ankam, zum leichtern Verständniß des Nachfolgenden gleich einige Erläuterungen über die Wärmemessung vorauszuschicken. Aber auch durch äußern Druck erleiden die Luftarten eine so bedeutende Aenderung in ihrem Volumen, daß sie die Vergrößerung des Druckes um das Doppelte, meistens auf mehr als die Hälfte ihres Volumens reducirt.

Wenn auch das Volumen der luftförmigen Körper durch verstärkten Druck immer kleiner und kleiner wird, so wird man doch dasselbe nicht auf Nichts zu reduciren vermögen. Es gehen alle Luftarten, wenn der auf sie wirkende Druck ganz außerordentlich verstärkt wird, gewiß in eine Flüssigkeit über, und von diesem Augenblicke an wird die Zusammendrückbarkeit äußerst gering. Man ist folglich nicht im Stande, den Raum, den irgend ein Körper einnimmt, durch einen andern Körper gänzlich auszufüllen; der

erstere Körper widersteht dem Eindringen des andern um so stärker, je kleiner durch den ausgeübten Druck sein Volumen schon geworden ist. Diese Eigenschaft der Körper, vermöge welcher sie keinen andern in den von ihnen eingenommenen Raum eindringen lassen, nennt man die Undurchdringlichkeit derselben.

§. 12. Es könnten zwar manche Erscheinungen bei oberflächlicher Betrachtung ein Eindringen des einen Körpers in den Raum eines andern anzudeuten scheinen; eine nähere Untersuchung der Verhältnisse zeigt jedoch, daß dieselben eine ganz andere Erklärung zulassen. Wird z. B. Wasser mit Weingeist gemischt, so ist das Volumen der Mischung kleiner als die Summe der Volumina der Bestandtheile; es hat also den Anschein, als ob Wasser und Weingeist in einander eingedrungen wären. Indeß muß man bedenken, daß die Vermischung des Weingeistes mit dem Wasser kein bloßes Nebeneinanderschütten der Theile der beiden Körper ist, sondern daß bei dieser Vermischung eine chemische Verbindung beider entsteht. Es bleibt also die innere Zusammensetzung der einzelnen Theilchen nicht dieselbe, sondern wird geändert, und damit natürlich auch zugleich ihr äußeres Volumen, das mit der innern Constitution der Masse ganz genau zusammenhängt. Das Gesagte gilt für alle ähnliche Fälle, wo eine Zusammenziehung des Volumens bei der Verbindung zweier Körper stattfindet. Manche haben die Thatsache, daß Wasser und Weingeist beim Vermischen ihr Volumen verkleinern, durch eine andere Eigenschaft der Materie, durch die Porosität erklären zu müssen geglaubt.

In vielen Körpern bemerkt man nämlich Räume, die nicht von der Substanz, aus welcher der Körper gebildet ist, ausgefüllt werden, sondern von dem umgebenden Medium der Luft, oder des Wassers, oder die auch unter gewissen Umständen selbst ganz leer sein können. In manchen Körpern sind diese leeren Räume sehr groß, wie im Schwamme, in anderen aber kleiner, wie im Holze, und in den Metallen so klein, daß sie gewöhnlich nicht wahrgenommen werden. In diese Poren dringt nun die Flüssigkeit ein, wenn in dieselbe ein Schwamm, ein Stück Druckpapier u. s. w. gebracht wird. Auch in die Gebirgssteine dringt die Feuchtigkeit mehr oder weniger leicht ein. Daß die organischen Stoffe, z. B. die Pflanzen, gänzlich von Feuchtigkeiten durchdrungen werden können, sieht man an dem in Stein umgewandelten Holze. Je weniger nun ein Körper Poren oder leere Räume hat, um so mehr Materie oder Masse enthält er in einem bestimmten Volumen, und man nennt ihn dichter als einen andern, welcher in demselben Volumen eine geringere Quantität der Materie oder eine geringere Masse hat. (Eine genauere Bestimmung der Dichtigkeit wird später unter dem Abschnitte, welcher über die flüssigen Körper handelt, mitgetheilt werden.)

§. 13. Alle Theile der Materie ziehen sich gegenseitig an; so zieht die Erde alle auf ihr befindlichen Körper und diese wieder die Erde an. Die Erde zieht die Sonne, und die Sonne die Erde an u. s. w. Es erstreckt sich diese Ausdehnung der Materie in jede beliebige Entfernung, wird aber natürlich in größerer Entfernung immer geringer. Später, bei der Behandlung der Centralbewegung wird sich nachweisen lassen, daß diese Anziehung abnimmt, wie das Quadrat der Entfernung wächst; sie steht also im umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Entfernungen. Hat man also zwei Körper, die sich gegenseitig anziehen, und beträgt in der Entfernung von 1 Fuß von einander die Anziehung beider a, so verringert sich dieselbe, wenn die Körper in die doppelte Entfernung (also von 2 Fuß) gebracht

werden, nicht auf $\frac{a}{2}$, sondern auf $\frac{a}{4}$ oder $\frac{a}{2^2}$. Wird aber die Masse des einen oder des andern der beiden sich anziehenden Körper größer, so steigert sich in demselben Verhältnisse die gegenseitige Anziehung; wird z. B. die Masse des einen Körpers verdoppelt, so steigt die Anziehung aufs Zweifache; wird aber zugleich die Masse des andern Körpers verdreifacht, so steigt durch die angegebenen Vergrößerungen beider Körper die Anziehung auf das Sechsfache der ursprünglichen.

Diese gegenseitige Anziehung der Materie ist also eine Kraft, die zwischen den Himmelskörpern so gut wie auf der Erde wirkt. Die zwischen den Planeten und der Sonne thätigen Anziehungen werden später ausführlicher behandelt werden, während hier noch gleich einiges Weitere über die Anziehung zwischen der Erde und der auf ihr befindlichen Körpern mitgetheilt werden soll.

§. 14. Die gegenseitige Anziehung zwischen der Erde und den auf ihr befindlichen Körpern bezeichnet man mit dem Worte Schwere, oder auch wohl Schwerkraft. Sie treibt alle Körper in der Richtung nach dem Mittelpunkte der Erde hin, wie man leicht an einer Bleikugel, die an einem Faden aufgehangen ist, sehen kann. Der Faden wird in der Richtung gespannt, in welcher die Anziehungskraft der Erde auf die Kugel wirkt. So lange ein Körper unterstützt ist, äußert sich die Einwirkung der Schwere durch den Druck, welchen der Körper auf die Unterlage ausübt; sobald derselbe aber jeder Unterstützung beraubt wird, so beginnt er sich nach dem Mittelpunkte der Erde hinzubewegen, er fällt. (Die Gesetze dieses Falles werden später ausführlich mitgetheilt werden.) Da die Stärke der Anziehung, welche die Erde auf einen Körper ausübt, von der Quantität der Materie des Körpers ebenfalls, wie oben angeführt wurde, abhängig ist, so wird der Druck des Körpers um so größer werden, je mehr seine Materie, oder, wie man es auch nennt, seine Masse zunimmt. Die Größe des Druckes, den ein Körper gegen seine Unterlage ausübt, nennt man sein Gewicht. Man kann also umgekehrt aus dem Gewichte eines Körpers auf die Größe seiner Masse schließen; die Masse ist stets dem Gewichte des Körpers proportional, ein Körper von doppeltem Gewichte hat also auch die doppelte Masse.

Um das Gewicht eines Körpers zu bestimmen, vergleicht man den Druck, welchen er auf eine Unterlage ausübt, mit dem Drucke eines als Norm angenommenen Körpers. In Deutschland bestimmt man das Gewicht nach Pfund, Loth, Quentchen, oder in den Apotheken nach Unzen, Drachmen, Skrupel und Gran. In Frankreich ist mit dem neuen Maaßsystem auch ein neues Gewichtssystem eingeführt und auf analoge Weise eingetheilt worden. Das Gewicht eines kubischen Centimeters Wasser (gewogen bei der größten Dichtigkeit desselben, also bei 4° C.), nennen die Franzosen ein Gramme. Um das Vielfache desselben zu bezeichnen, bedienen sie sich wieder der griechischen, und um aliquote Theile zu bezeichnen, der lateinischen Benennungen der Zahlen. 10 Gramme heißen ein Dekagramme, 100 Gramme ein Hektogramme, 1000 Gramme ein Kilogramme, $\frac{1}{10}$ Gramme heißt ein Decigramme, $\frac{1}{100}$ Gramme ein Centigramme, $\frac{1}{1000}$ Gramme ein Milligramme.

1 preuß. Pfund ist = 0,46771 Kilogramme.
1 engl. Pfund (Avoir du poids) ist = 0,45360 Kilogr.
1 engl. Pfund Troy ist = 0,37325 Kilogr.
1 österr. Pfund ist = 0,56001 Kilogr.
1 alte kölnische Mark ist = 0,23381 Kilogr.

Das preußische Pfund ist der 66ste Theil von dem Gewichte eines preußischen Cubikfußes Wassers, gewogen im luftleeren Raume bei einer Temperatur von 15° R. Ein preußisches Medicinalpfund ist = 12 Unzen = $^3/_4$ Pfund.

§. 15. Die Materie ist beweglich; der Körper ist das Bewegliche im Raume, und kann verschiedene Orte im Raume nach einander einnehmen. Er ist aber unfähig sich selbst aus dem Zustande der Ruhe in den Zustand der Bewegung überzuführen; dieß geschieht nur durch die Einwirkung von äußeren Kräften. Ist die Materie aber einmal in Bewegung, so kann sie auch nicht von selbst wieder in den Zustand der Ruhe zurückkehren; äußere Kräfte müssen, wenn der Körper wieder zur Ruhe kommen soll, die vorhandene Bewegung erst vernichten. Man nennt diese Eigenschaft der Materie in einem einmal angenommenen Zustande zu beharren, so lange nicht äußere Kräfte ihn abändern, das Beharrungsvermögen oder auch die Trägheit. Wenn eine auf einer Ebene in Bewegung gesetzte Kugel bald zur Ruhe kommt, so geschieht dieß in Folge der Reibung derselben an der Ebene und in Folge des Widerstandes der Luft.

Beiläufig sei übrigens hier bemerkt, daß von einer absoluten Ruhe eines Körpers, der sich auf der Erde befindet, nicht die Rede sein kann, da die Erde selbst und natürlich ebenso alles auf ihr Befindliche mit ihr eine mehrfache Bewegung im Weltraume besitzt; man kann also nur von relativer Ruhe reden, wenn ein Körper seinen Ort auf der Erde in Beziehung auf seine nächste Umgebung nicht verändert.

Zweiter Abschnitt.

Das Gleichgewicht fester Körper.

§. 16. Bei der Wirkung der Kräfte auf einen Körper können überhaupt zwei Fälle stattfinden, die Kräfte heben sich entweder in ihren Wirkungen gegenseitig auf, und erzeugen keine Veränderung in seinem Zustande, oder sie heben sich nicht auf, und es tritt eine Bewegung des Ganzen oder einzelner Theile ein. Ein jeder Körper ist unausgesetzt der Einwirkung mehrerer Kräfte unterworfen; wenn er sich also in Ruhe befindet, so ist dieses nicht Folge der gänzlichen Abwesenheit von Kräften, sondern vielmehr Folge des Gleichgewichtes der sich gegenseitig in ihrer Wirkung auf ihn aufhebenden Kräfte.

Es sollten eigentlich zunächst die Gesetze des Gleichgewichts und die Gesetze der Bewegung, ganz abgesehen von der speciellen Natur der wirkenden Kräfte abgehandelt werden. Da jedoch eine strengere Behandlung derselben bei vorliegender Bearbeitung der Physik nicht die Absicht sein kann, so erscheint es zweckmäßig, die wichtigsten unter ihnen gleich mit Rücksicht auf die allgemeine Anziehung der Materie zu erläutern.

Die Lehre vom Gleichgewichte heißt die Statik, die Lehre von der Bewegung: die Dynamik; beide zusammen bilden die Mechanik. Da nun die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung für feste, flüssige und gasförmige Körper aufgestellt werden müssen, so zerfällt jeder der angegebenen Theile wieder in drei Abschnitte. Die Statik zerfällt in die Lehre vom Gleichgewichte fester (Statik im engern Sinne), flüssiger (Hydrostatik) und gasförmiger Körper (Aerostatik); die Dynamik in die Lehre von der Bewegung fester (Dynamik im engern Sinne), flüssiger (Hydrodynamik oder Hydraulik), und gasförmiger Körper (Aerodynamik).

§. 17. Bei jeder Kraft ist zu beachten: 1) ihr Angriffspunkt (der Punkt, auf welchen sie unmittelbar einwirkt), 2) ihre Richtung und 3) ihre Größe. Die Richtung einer Kraft wird durch den Winkel, welchen sie mit einer beliebig angenommenen Richtung macht, und die Größe durch ihre Vergleichung mit einer als Einheit angenommenen Kraft angegeben; in der Zeichnung wird beides ausgedrückt durch eine gerade Linie, deren Länge durch Vergleichung mit der willkürlich angenommenen Linieneinheit erhalten wird.

Man kann jede Kraft in jeden Punkt ihrer Richtung verlegen, wenn nur der frühere Angriffspunkt unveränderlich fest mit dem neuen Angriffspunkte verbunden ist.

§. 18. Die einfachste gleichzeitige Zusammenwirkung zweier Kräfte findet Statt, wenn diese in einer geraden Linie auf einen Punkt wirken; sie können in ihren Richtungen entweder gerade entgegengesetzt sein, oder mit einander übereinstimmen. Stimmen beide Kräfte a b und a c Fig. 4 in ihren Richtungen überein, so ist offenbar ihre Gesammteinwirkung so groß, als eine Kraft, welche der Summe der beiden gegebenen Kräfte gleich ist = a c + a b. — Haben die beiden Kräfte aber entgegengesetzte Richtung, so können zwei Fälle eintreten. Es können nämlich erstens die beiden gegebenen Kräfte a b und a c Fig. 5 in ihren Wirkungen sich gleich sein, sich also, da sie nach entgegengesetzter Richtung auf einen Punkt wirken, gegenseitig aufheben. Dann tritt zwischen ihnen Gleichgewicht ein, und der Punkt a bleibt in Ruhe. Oder es kann zweitens die eine Kraft a b größer sein als die andere a c, in welchem Falle die stärkere a b die schwächere a c überwindet, und der Punkt a mit einer Kraft, welche dem Unterschied zwischen der größern und kleinern gleich ist (a b — a c) in dem Sinne der größern a b angetrieben wird.



Fig. 4.



Fig. 5.

Zwei gleiche Kräfte sind nach dem Vorhergehenden also solche, welche, in entgegengesetzter Richtung auf einen Punkt wirkend, sich aufheben; denkt man sich zwei, drei u. s. w. solcher gleichen Kräfte auf einen Punkt in gleicher Richtung wirkend, so erhält man die doppelte, dreifache u. s. w. Kraft.

Sind mehr als zwei Kräfte gegeben, welche im Punkte a, in derselben oder in entgegengesetzter Richtung wirken, so ist es leicht, die Wirkung aller dieser Kräfte auf den Punkt a anzugeben; man braucht nur die nach jeder Seite gerichteten Kräfte zu addiren, und dann die hierdurch entstandenen zwei entgegengesetzten Kräfte von einander abziehen.

Diejenige Kraft, welche in ihrer Wirkung völlig gleichbedeutend ist mit

der Wirkung mehrerer anderen, heißt die resultirende Kraft der letztern, oder auch schlechthin die Resultirende oder Resultante.

§. 19. Da offenbar auch Kräfte, welche parallel sind, wie P und Q in Fig. 6, eine gleiche Richtung haben, so läßt sich die Resultirende R beider einfach durch die Addition der beiden Kräfte R = P + Q finden, so wie umgekehrt die Resultirende R zweier nach entgegengesetzter Richtung wirkenden parallelen Kräfte P und Q Fig. 7 gleich ist der Differenz beider, also R = P — Q, und zwar wenn P die größere ist, gerichtet nach der Seite dieser größern. Daß die Resultirende der parallelen Kräfte den gegebenen Kräften wieder parallel ist, ist natürlich, da ja beide gegebenen Kräfte dieselbe oder gerade entgegengesetzte Richtung haben.

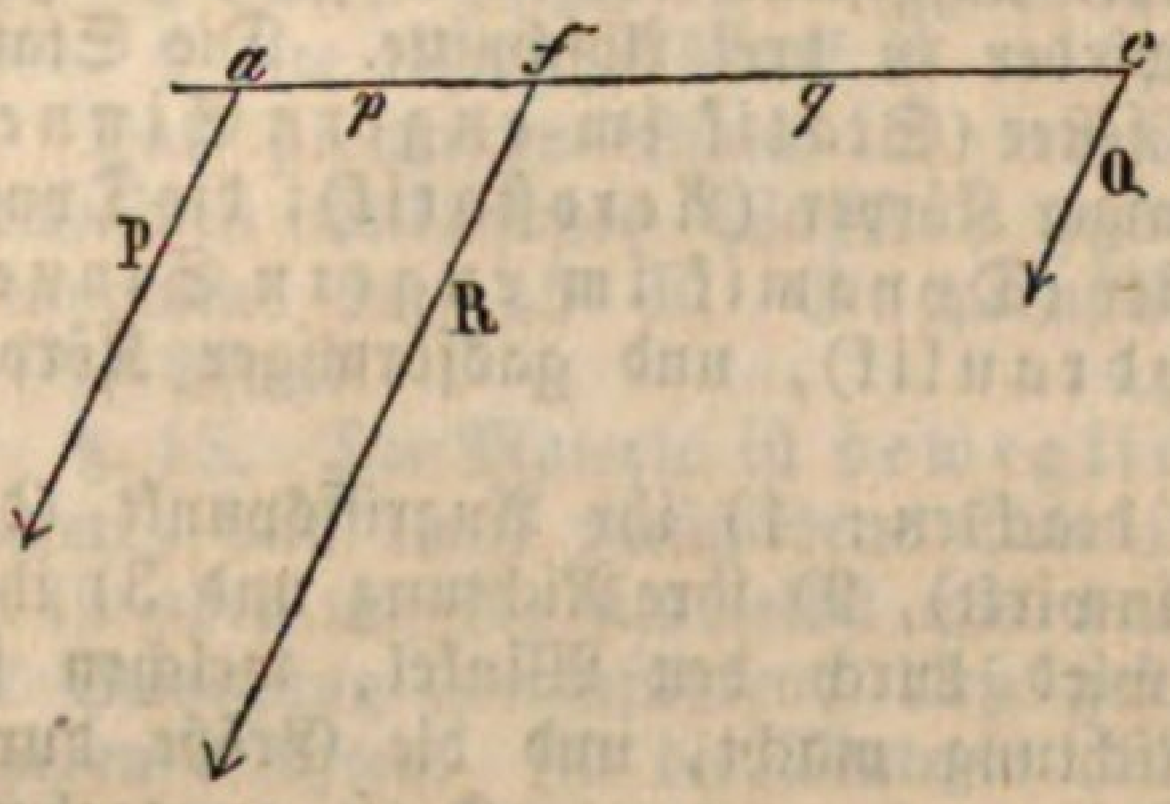


Fig. 6.

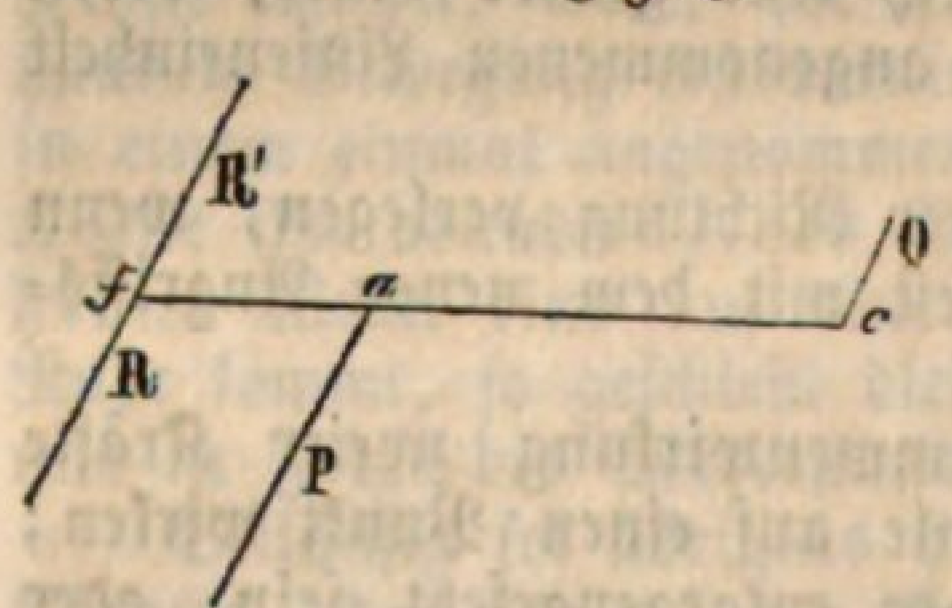


Fig. 7.

Nicht so einfach ergiebt sich aber der Punkt, an welchem diese Resultirende (P + Q im ersten Falle und P — Q im zweiten Falle) muß angebracht werden, um in ihrer Wirkung gleichbedeutend mit den beiden gegebenen Kräften zu werden. Bei zwei gleichen parallelen Kräften, die wie P und P in Fig. 8 nach derselben Seite gerichtet sind, liegt die Resultirende R gerade zwischen diesen beiden Kräften und greift im Halbirungspunkte b der Linie a c an. Ihre Größe R ist = P + P = 2 P. Sind die beiden parallelen Kräfte ebenfalls noch nach derselben Seite gerichtet, aber an Stärke verschieden, P > Q Fig. 6, so läßt sich beweisen, daß die Resultirende R nicht mehr in der Mitte, sondern näher der stärkern Kraft, also hier näher an P liegt, und zwar verhalten sich die Abschnitte auf a c genau umgekehrt, wie die Kräfte, also P : Q = fc : af, oder wenn fc = q und a f = p gesetzt wird P : Q = q : p. Aus diesen Proportionen folgt dann die andere P : P + Q = q : q + p und Q : P + Q = q : p + p. Nun ist aber P + Q = R, und wird p + q (also a c) = r gesetzt, so kommt, wenn gleich beide Proportionen zusammen geschrieben werden P : Q : R = p : q : r, d. h. sind zwei parallele Kräfte und ihre Resultirende gegeben, so verhalten sich diese drei Kräfte, wie die von ihnen nicht begrenzten Abschnitte auf der Verbindungslinie.

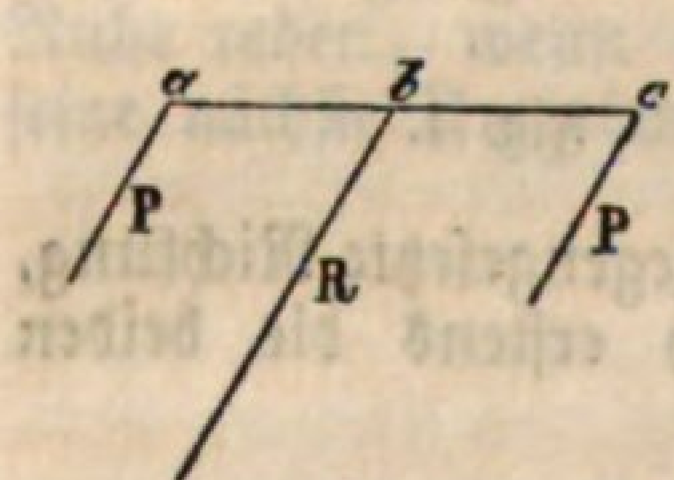


Fig. 8.

§. 20. Denkt man sich die Resultirende R in dem Punkte f nach der entgegengesetzten Richtung wirkend, Fig. 9, so wird sie offenbar den beiden Kräften P und Q das Gleichgewicht halten, da sie ja eben so viel wirkt als diese beiden, und zwar in ihrer neuen Lage in entgegengesetzter Richtung.

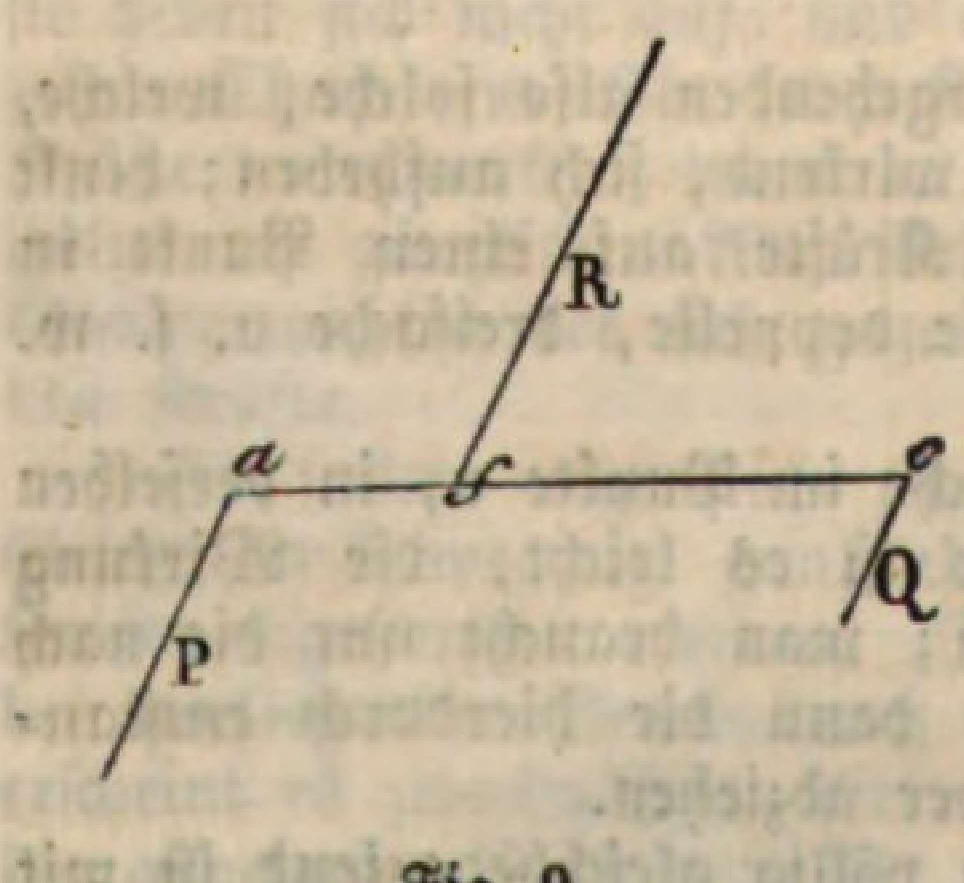


Fig. 9.

Die Angriffspunkte, sowie auch die Größen aller drei Kräfte sind hierbei dieselben geblieben, es gilt also ebenfalls noch die obige Proportion P : Q : R = q : p : r, d. h. sind drei parallele Kräfte gegeben, welche sich im Gleichgewicht halten, so verhalten sich diese drei Kräfte wie die von ihnen nicht begrenzten Abschnitte der Verbindungslinie.

Bei mehreren gegebenen Kräften, die sich im Gleichgewichte halten, kann man jede derselben ansehen als gleich der Resultirenden aller übrigen, aber genommen in entgegengesetzter Richtung. Denkt man sich z. B. sechs auf einen Punkt wirkende Kräfte im Gleichgewicht, so wird, wenn eine derselben hinweggenommen wird, das Gleichgewicht aufgehoben, und nur erst durch Hinzufügung der sechsten Kraft wieder hergestellt. Diese sechste Kraft wirkt folglich offenbar der Resultirenden der fünf übrigen entgegen, hebt sie auf, und hat gleiche Größe mit ihr.

§. 21. Mit Hülfe des eben Gesagten läßt sich nun auch der Angriffspunkt der Resultirenden zweier parallelen Kräfte finden, welche nach entgegengesetzten Seiten gerichtet sind, wie P und Q in Fig. 7. Denn, sind drei Kräfte P, Q und R' gegeben, die sich im Gleichgewicht halten, so kann man jede derselben betrachten als Resultirende der beiden übrigen, genommen mit umgekehrter Richtung, also auch R' als Resultirende von P und Q mit umgekehrter Richtung; ist R gleich und entgegengesetzt R', so ist folglich R der Größe und Richtung nach die Resultirende von P und Q. Da P allein das Gleichgewicht hält den beiden Kräften R' und Q, die nach der entgegengesetzten Seite wirken, so ist nach dem Früheren P = R' + Q, folglich R' = R = P — Q (denn P ist offenbar größer als Q); außerdem gilt, da die drei Kräfte P, Q und R' sich im Gleichgewicht halten nach §. 20, die Proportion P : Q : R' = f c : a f : a c. Wird aber die Kraft R in dem Punkte f nach entgegengesetzter Richtung R gewendet, ohne Aenderung ihrer Größen, so bleibt die Richtigkeit der vorigen Proportion ungestört, P : Q : R = f c : a f : a c. Sind also zwei nach entgegengesetzten Seiten wirkende parallele Kräfte (P und Q) gegeben, so ist die Resultirende R gleich der Differenz beider Kräfte, gerichtet nach der größern Kraft P; sie liegt ferner nicht mehr innerhalb der beiden gegebenen Kräfte, sondern außerhalb auf der Seite der größern, und es verhalten sich die Entfernungen ihres Angriffspunktes von den Angriffspunkten der beiden Kräfte umgekehrt, wie diese Kräfte P : Q = f c : a f. Diese Entfernungen des Angriffspunkts erhält man am einfachsten durch die beiden Proportionen R : P = a c : f c und R : Q = a c : a f. Aus der ersten folgt $f\,c = \frac{a\,c\,.\,P}{R}$, aus der zweiten $a\,f = \frac{a\,c\,.\,Q}{R}$.

§. 22. Sind die beiden parallelen Kräfte, P und Q Fig. 10, welche nach entgegengesetzter Richtung wirken, einander gleich, P = Q, so ist ihre Resultirende R = o, weil P — Q = o ist; ihr Angriffspunkt liegt aber in unendlicher Entfernung, wie sich aus der obigen Proportion R : Q = a c : a f oder der daraus hergeleiteten Gleichung $a\,f = \frac{a\,c\,.\,Q}{R}$ ergibt. Da nämlich ein Bruch um so größer wird, je kleiner sein Nenner ist, so muß, wenn R = o ist, der Werth der Größe der rechten und folglich auch der linken Seite a f unendlich groß werden. Dieß deutet an, daß es in diesem Falle keine Resultirende in dem frühern Sinne, aber auch ebenso wenig

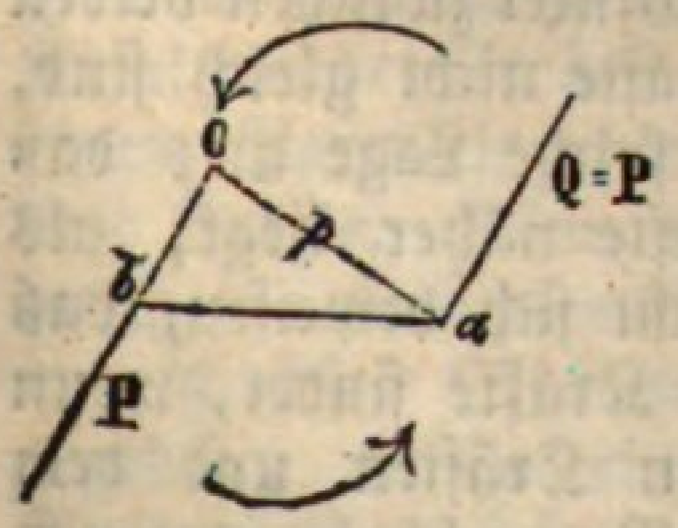


Fig. 10.

ein Gleichgewicht zwischen beiden Kräften gibt. Es entsteht vielmehr durch zwei gleiche und parallel in entgegengesetzter Richtung auf zwei verschiedene mit einander verbundene Punkte wirkende Kräfte eine Drehung in dem Sinne beider Kräfte, also in der Figur 10 eine Drehung linksum, wie es die Pfeile andeuten. Zwei solche Kräfte nennt man ein Gegenpaar, oder Kräftepaar, und die Betrachtung desselben ist in der Mechanik von der größten Wichtigkeit; es sucht dasselbe keine Fortschiebung, sondern nur eine Drehung zu bewirken, und zwar je nach der Lage der Kräfte rechtsum oder linksum.

Da der Angriffspunkt einer Kraft sich ohne daß etwas geändert wird, in jeden Punkt ihrer Richtung verlegen läßt, so kann man auch den Angriffspunkt der Kraft P von b nach c, d. h. nach dem Endpunkte der auf beiden Kräften senkrechten Linie a c = p verlegen. Die Wirkung eines solchen Kräftepaares hängt ab von der Größe und der Entfernung der Kräfte, und wird gemessen durch das Produkt P p; dieses Produkt P p heißt das Moment des Kräftepaares, und ist also gleich der Kraft multiplicirt mit der Entfernung, oder wie p kurz genannt werden soll, mit dem Hebelarm. Sowie vorhin mehrere in einer oder in paralleler Richtung wirkende Kräfte zu einer einzigen Resultirenden durch Addition oder Subtraction zusammengesetzt wurden, so lassen sich auch mehrere in einer oder in parallelen Ebenen liegende Kräftepaare durch dieselben Rechnungsoperationen zu einem einzigen resultirenden Kräftepaare vereinigen. Das Moment des resultirenden Kräftepaares erhält man, indem man die Momente aller in gleichem Sinne (z. B. rechtsum drehenden Kräftepaare addirt, und die Momente aller übrigen (also linksum drehenden Kräftepaare) abzieht.

§. 23. Bis jetzt waren die gegebenen Kräfte entweder sämmtlich parallel, oder wenigstens paarweise parallel und gleich, und in einer oder in parallelen Ebenen liegend; es finden sich aber ebenso oft auch Kräfte, welche, ohne parallel zu seyn, auf einen Punkt oder auf mehrere zu einem Systeme verbundene Punkte einwirken.

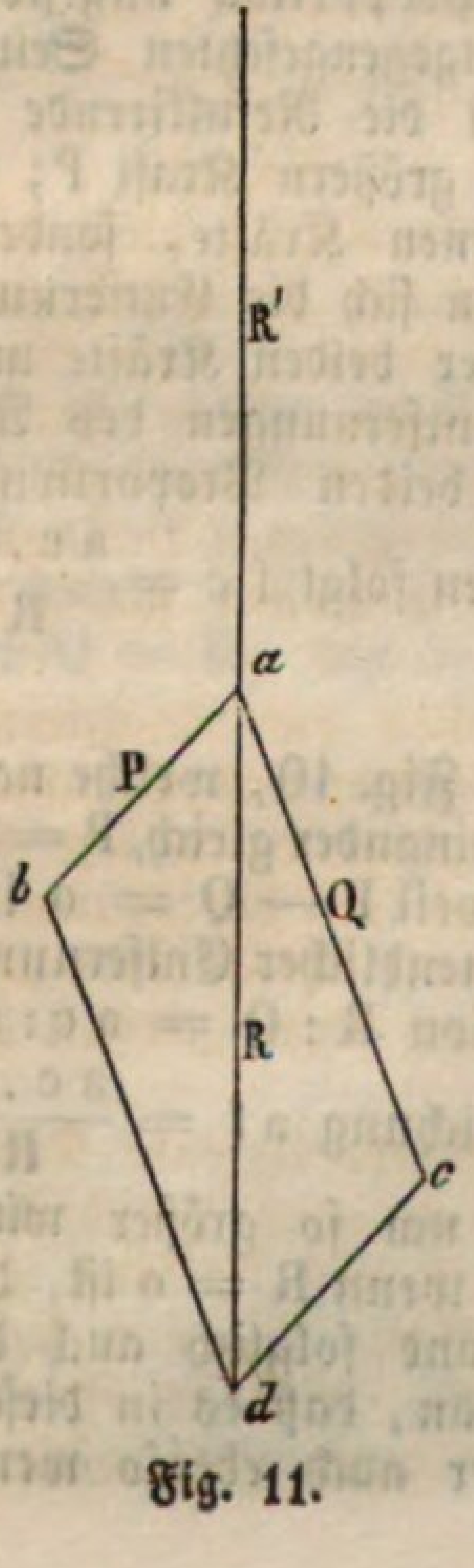


Fig. 11.

Wirken (um den einfachsten Fall, auf welchen sich aber auch alle folgenden zurückführen lassen, zu nehmen), auf den Punkt a Fig. 11 die beiden Kräfte P und Q, so daß ihre Richtungen den Winkel b a c einschließen, so kann die Resultirende weder mit der einen Kraft, noch mit der andern zusammenfallen; sie wird vielmehr innerhalb des von beiden Kräften gebildeten Winkels liegen. Sind die beiden Kräfte gleich, so ist kein Grund vorhanden, warum die Resultirende näher der einen als der andern Kraft liegen soll, und sie muß also den Winkel zwischen beiden halbiren. Wenn aber beide Kräfte nicht gleich sind, so nimmt die Resultirende eine solche Lage an, daß sie der größern der beiden Kräfte näher liegt, als der kleinern. In jedem Falle läßt sich beweisen, daß man die Resultirende der beiden Kräfte findet, wenn man aus den beiden gegebenen Kräften und dem dazwischen liegenden Winkel ein Parallelogramm construirt, und in diesem die Diagonale a d zieht. a d stellt dann die Resultirende R von P und Q dar, d. h. eine Kraft, welche der Größe und der Richtung

nach gerade so viel wirkt, als die beiden Kräfte P und Q zusammengenommen.

Denkt man sich die Resultirende R gerade entgegengesetzt auf den Punkt a wirkend, also nach R′ gelegt, so wird zwischen den drei Kräften P, Q und R′ Gleichgewicht statt finden; es wirken ja P und Q soviel wie R, und R′ ist dem R gerade gleich und entgegengesetzt, hält also gegen R, oder was dasselbe ist, gegen P und Q das Gleichgewicht.

§. 24. Von der Richtigkeit des Gesagten kann man sich durch eine sehr einfache Vorrichtung überzeugen. Man nimmt ein kleines rundes Tischchen, und bringt auf dem Rande desselben drei verschiebbare Rollen an, über welche man drei zu einem Knoten zusammengebundene Fäden legt, so daß der Knotenpunkt sich über der Mitte des Tisches befindet. Der Einfachheit der Betrachtung wegen mögen die drei Rollen gleichweit von einander, also (wenn der kreisförmige Rand des Tischchens wie ein Kreis in 360° getheilt ist), 120° von einander abstehen. Hängt man dann an zwei dieser Fäden a b und a c gleichschwere Gewichte, so werden dieselben auf den über dem Mittelpunkte des Tisches sich befindenden Knotenpunkt unter einem Winkel von 120° wirken; in der Figur ist für diesen Fall also P = Q, und der Winkel b a c = 120°. Das Parallelogramm auf P und Q wird also ein Rhombus, und die Diagonale theilt denselben in zwei gleichseitige Dreiecke (weil jeder Winkel in den Dreiecken = 60°), so daß R auch = P = Q. Fig. 12. Um also die Zugkräfte der beiden Gewichte P und Q im Gleichgewicht zu halten, braucht man nur in der Linie, welche den Winkel b a c halbirt, nach der Seite von R′, also 120° von den Kräften P und Q entfernt, eine ebenso große Kraft als P an den dritten Faden a d anzuhängen. Führt man den Versuch aus, so werden sich die drei Kräfte im Gleichgewicht halten, und jede also entgegengesetzt und gleich wirken der Resultirenden der beiden andern.

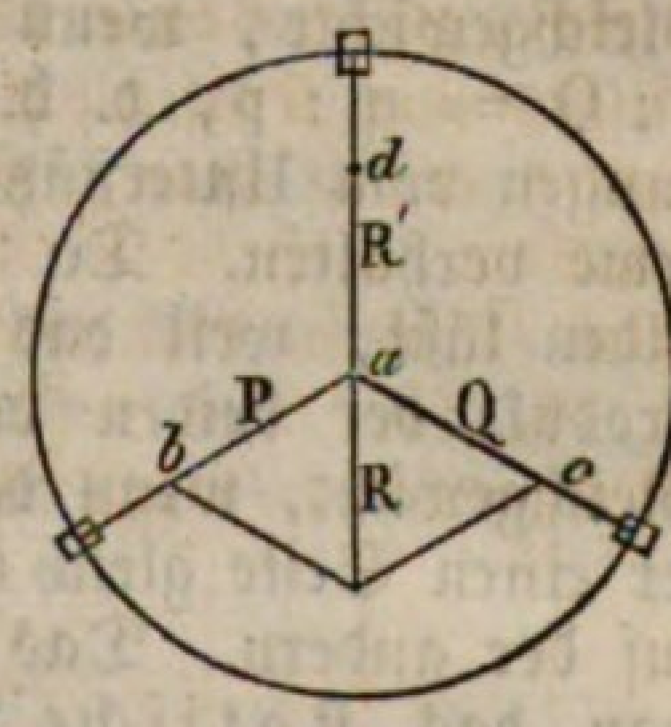


Fig. 12.

§. 25. Die Construction des Parallelogramms der Kräfte dient aber nicht bloß, um aus zwei gegebenen Kräften die Resultirende zu suchen, sondern umgekehrt auch, um eine gegebene Kraft in zwei andere, deren Richtungen oder Größenverhältnisse gegeben sind, zu zerlegen. Man hat zu diesem Zwecke nur nöthig, über der gegebenen Kraft als Diagonale ein Parallelogramm zu construiren, dessen Seiten die den gegebenen Bedingungen entsprechenden Richtungen oder Größen haben. Die Seiten stellen die gesuchten Kräfte dar.

Sind mehr als zwei Kräfte gegeben, aus welchen die Resultirende gesucht werden soll, so construirt man aus zweien derselben das Parallelogramm und zieht die Diagonale desselben. Diese Diagonale, welche die Resultirende der beiden ersten Kräfte ist, verbindet man mit der dritten zu einem Parallelogramm; die Diagonale in demselben ist die Resultirende aller drei Kräfte. Man verbindet diese wieder mit der vierten Kraft, erhält dadurch die Resultirende von vier Kräften u. s. w.

§. 26. Sind zwei (oder auch mehrere) in einer Ebene liegende Kräfte gegeben, welche nicht auf einen Punkt wirken, sondern auf verschiedene Stellen eines festen zusammenhängenden Systemes von Linien, so kann man von allen diesen Kräften ebenfalls die Resultirende suchen. Um nun dieses ganze System von Kräften im Gleichgewicht zu erhalten, wird es offenbar nur nöthig seyn, eine der Resultirenden gleiche und entgegengesetzt wirkende

Kraft noch zu den gegebenen hinzuzufügen, oder irgend einen Punkt der Resultirenden zu befestigen.

Gesetzt, es wirken auf die gerade Linie a b Fig. 13 die zwei Kräfte P und Q in a und b senkrecht gegen a b; die Resultirende beider Kräfte, R liege in c, so daß sich nach §. 19 verhält $P : Q = c\,b : a\,c$, oder wenn $c\,b = q$, und $a\,c = p$ gesetzt wird $P : Q = q : p$. Wird in c eine Kraft R' nach oben = R angebracht, so ist, wie schon früher gezeigt, das System der drei Kräfte in Ruhe. Es findet dieß aber ebenfalls statt, wenn in c eine Unterlage angebracht wird, welche durch ihren Widerstand die Wirkung der Resultirenden vernichtet. Der Druck, welchen der Punkt c auf seine Unterlage ausübt, ist $= R = P + Q$.

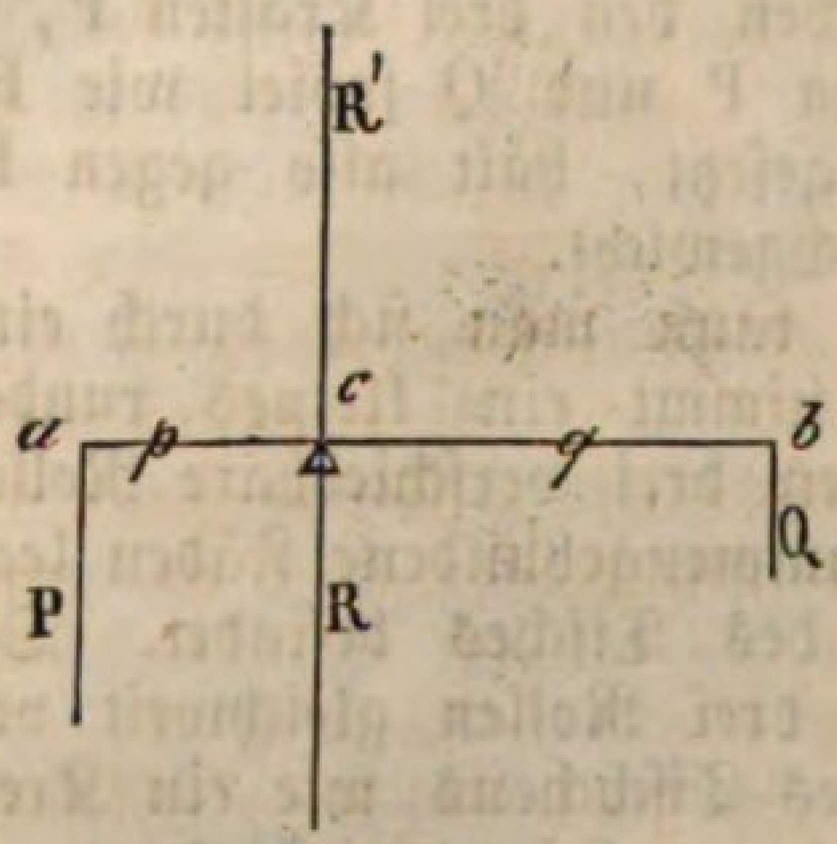


Fig. 13.

Ein solches System von Kräften, wie das eben beschriebene, nennt man einen Hebel; a und b heißen die Angriffspunkte der beiden Kräfte, und c der Unterstützungspunkt des Hebels. p und q sind die Entfernungen der Angriffspunkte vom Unterstützungspunkte, und werden die Hebelarme genannt. Das besprochene System, der Hebel, ist also im Gleichgewichte, wenn der Unterstützungspunkt so liegt, daß sich verhält $P : Q = q : p$, d. h. wenn die Kräfte sich umgekehrt wie ihre Entfernungen vom Unterstützungspunkte, oder kürzer, umgekehrt wie ihre Hebelarme verhalten. Da aus jeder richtigen Proportion sich eine Gleichung bilden läßt, weil das Produkt der beiden äußeren Glieder gleich ist dem Produkt der beiden mittleren, so ist $P\,p = Q\,q$, d. h. der Hebel ist im Gleichgewicht, wenn das Produkt aus der Kraft und ihrem Hebelarme auf der einen Seite gleich ist dem Producte aus der Kraft und ihrem Hebelarme auf der andern. Das Produkt aus einer Kraft und ihrem Hebelarme nennt man das statische Moment dieser Kraft. Man kann also auch sagen, der Hebel ist im Gleichgewicht, wenn die statischen Momente gleich sind. Da man beim Hebel die Absicht hat, durch eine anzubringende Kraft eine andere im Gleichgewicht zu erhalten, so nennt man die letztere auch wohl Last und die erstere die Kraft, und sagt der Hebel ist im Gleichgewicht, wenn sich Kraft und Last umgekehrt wie ihre Hebelarme verhalten.

§. 27. Das vorhergehende Gesetz gestattet auch eine unmittelbare Anwendung auf den Fall, daß wo jeder Seite des Unterstützungspunktes mehrere Kräfte wirken, z. B. links vom Unterstützungspunkte c Fig. 14 die Kräfte 4 und 9 in den Entfernungen 12 und 8, und rechts die Kräfte 25 und 3 in den Entfernungen 3 und 15. Es wird Gleichgewicht an dem Hebel stattfinden, wenn die Summe der statischen Momente auf der einen Seite gleich ist der Summe der statischen Momente auf der andern, also wenn $4 . 12 + 9 . 8 = 25 . 3 + 3 . 15$, wobei die Hebelarme $c\,a = 12$, $c\,d = 8$, $c\,e = 3$ und $c\,b = 15$ sind. Man kann sich gleich von der Richtigkeit überzeugen, wenn man die Momente der einzelnen Kräfte auf beiden Seiten nach und nach gegen einander abwägt. Das Moment der Kraft 3 ist $= 3 . 15 = 45$. Wird dieses gegen das Moment der

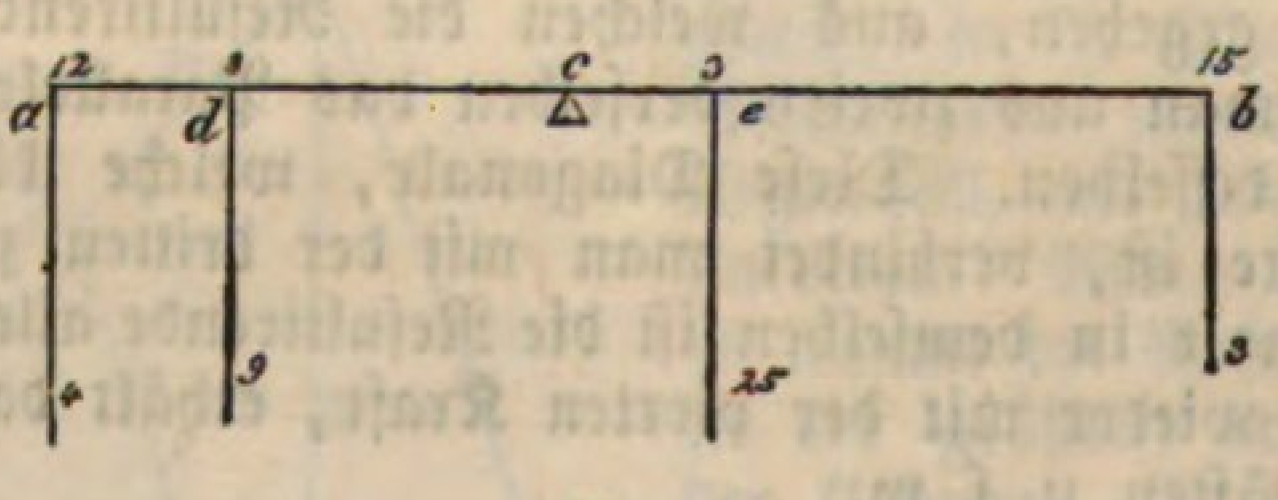


Fig. 14.

Kraft 4 auf der andern Seite, das $4 \times 12 = 48$ beträgt, gehalten, und dagegen aufgehoben, so bleibt links noch ein Moment von $48 - 45 = 3$ übrig. Wird dieses wieder gegen einen Theil des Momentes $3 . 25 = 75$ auf der andern Seite aufgehoben, so bleibt rechts noch das Moment $75 - 3 = 72$, das sich mit dem noch übrigen Moment links $8 . 9 = 72$ völlig ins Gleichgewicht setzt.

§. 28. Bei dem bis jetzt betrachteten Hebel lag der Unterstützungspunkt zwischen den Angriffspunkten der Kraft und der Last (wenn der Kürze wegen die eine Kraft mit diesem Namen bezeichnet wird), und man nennt ihn auch wohl einen zweiarmigen Hebel, zum Unterschiede von dem sogenannten einarmigen Hebel, Fig. 15, bei welchem der Unterstützungspunkt c an dem einen Ende, und also beide Angriffspunkte a und b auf derselben Seite des Unterstützungspunktes liegen. Die beiden Hebelarme für diesen sogenannten einarmigen Hebel sind c b und c a. Kraft und Last müssen hier nach entgegengesetzter Richtung hin wirken. Da es auch hier für das Gleichgewicht hinreichend ist, wenn die Resultirende der beiden Kräfte durch den Unterstützungspunkt geht, so heißt die Bedingung des Gleichgewichts ebenfalls wie vorhin $P : Q = c b : c a$ (denn diese Proportion bestimmt nach §. 21 die Lage der Resultirenden) oder $P . c a = Q . c b$. Der Druck, welchen der Unterstützungspunct auszuhalten hat, ist ebenfalls gleich der Resultirenden, also $= Q - P$.

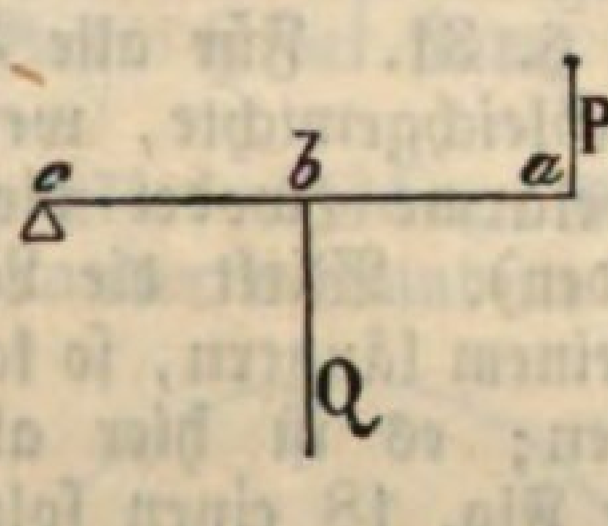


Fig. 15.

§. 29. Da jede auf den Hebel wirkende Kraft ein Bestreben äußert, denselben um seinen Unterstützungspunkt zu drehen, und eben diese Bestrebungen verschiedener Kräfte sich durch ihn ins Gleichgewicht setzen sollen, so wird das an einem Hebel, a b Fig. 16, vorhandene Gleichgewicht nicht gestört werden, wenn der eine Hebelarm a c aus der Lage a c in die Lage d c gebracht wird; die Kraft P muß natürlich dieselbe bleiben und senkrecht auf c d im Punkte d wirken. Einen solchen Hebel nennt man einen Winkelhebel, und der Winkel, den die beiden Hebelarme mit einander machen, ist für das Gleichgewicht ganz gleichgültig; er kann, ohne dasselbe zu stören, größer und kleiner werden. Für den geradlinigen Hebel ist der Winkel zwischen den beiden Hebelarmen gleich zweien Rechten.

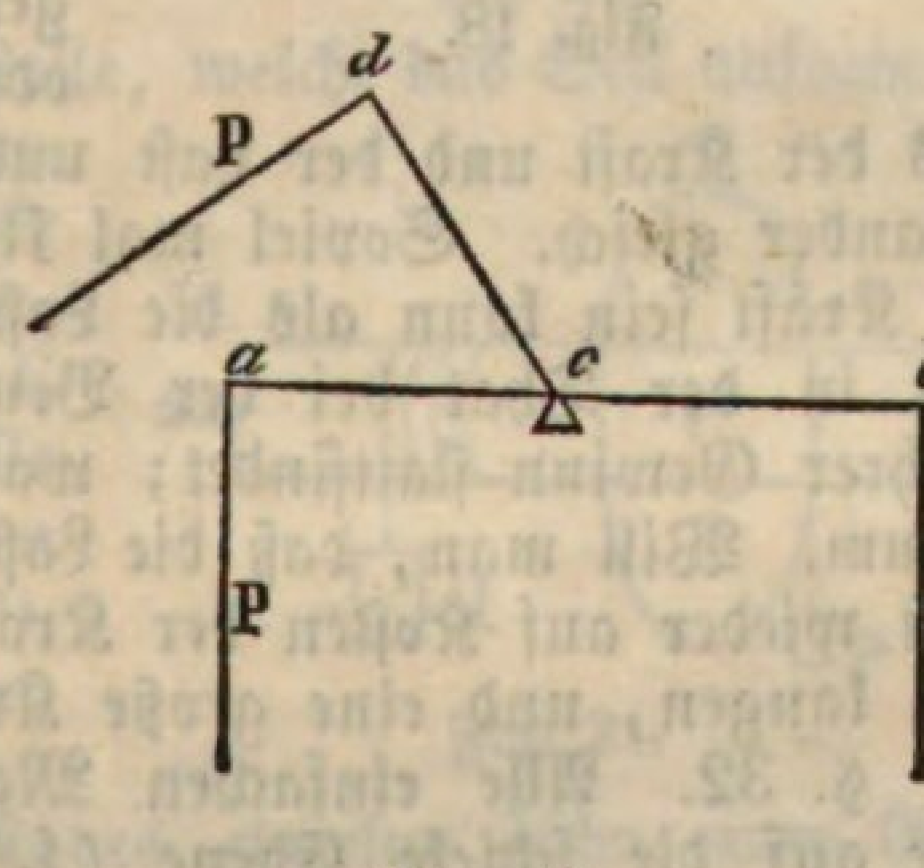


Fig. 16.

§. 30. Wirken Fig. 17 die beiden Kräfte P und Q nicht senkrecht auf die Linien a c und c b, so verlängere man die Richtungen der Kräfte, und fälle von c aus Perpendikel auf dieselben c d und c f. Da man jede Kraft in jeden Punkt ihrer Richtung verlegen kann, so verlege man die Kraft P nach d, und die Kraft Q nach f, indem man sich c d und c f fest mit a c und c b verbunden denkt. Nennt man die Entfernungen der Kräfte vom Unterstützungspunkte c d und c f jetzt wieder die

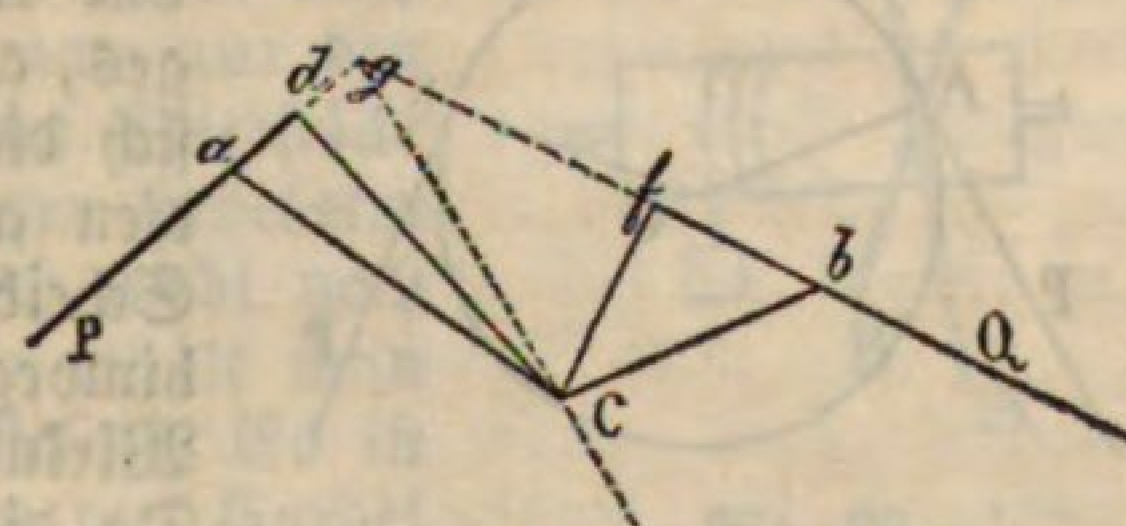


Fig. 17.

Hebelarme, so stehen die Kräfte wieder senkrecht auf ihnen, und es gilt das frühere Gesetz, so daß also auch dieser Hebel im Gleichgewicht ist, wenn P : Q = cf : cd, d. h. Kraft und Last sich umgekehrt verhalten, wie die Hebelarme, auf denen sie senkrecht stehen.

Der Druck, welcher bei einem Winkelhebel auf den Unterstützungspunkt ausgeübt wird, ist nicht mehr gleich der Summe beider Kräfte. Um ihn zu erhalten, muß man die Richtungen der Kräfte bis zum gegenseitigen Durchschnitt g verlängern, in g die beiden Kräfte anbringen und durch die Construction des Parallelogramms der Kräfte aus beiden Kräften P und Q die Resultirende suchen. Diese geht für den Fall des Gleichgewichts durch den Unterstützungspunkt, und gibt also die Stärke des Drucks auf denselben an.

§. 31. Für alle Hebel gilt also ein und dasselbe Gesetz: der Hebel ist im Gleichgewichte, wenn sich Kraft und Last umgekehrt verhalten wie die Hebelarme (wobei die Kräfte immer senkrecht gegen dieselben genommen werden). Wirkt die Last an einem kurzen Hebelarme, die Kraft dagegen an einem längern, so kann eine kleine Kraft eine große Last im Gleichgewicht halten; es ist hier also ein Gewinn an Kraft vorhanden. Drehet man aber Fig. 18 einen solchen sich im Gleichgewichte befindlichen Hebel mit der Hand um seinen Drehpunkt, so beschreibt der Angriffspunkt der Last b nur einen kleinen bogenförmigen Raum, b b′, während der Angriffspunkt der Kraft a einen soviel mal größern a a′ zurücklegt, als er weiter vom Drehpunkte entfernt ist. Zwischen der Länge der zurückgelegten Kreisbogen findet also dasselbe Verhältniß statt, wie zwischen den Hebelarmen; mithin verhalten sich die zurückgelegten Wege umgekehrt wie die Kräfte, also P : Q = b b′ : a a′, oder P . a a′ = Q . b b′, d. h. die Produkte aus der Kraft und der Last und dem von jeder zurückgelegten Raume sind einander gleich. Soviel mal kleiner also beim Gleichgewicht eines Hebels die Kraft sein kann als die Last, soviel mal größer muß ihr Weg sein, so daß in der That bei der Bewegung der Lasten mittelst des Hebels kein wahrer Gewinn stattfindet; was man an Kraft gewinnt, verliert man an Raum. Will man, daß die Last einen größern Raum zurücklege, so geschieht dieß wieder auf Kosten der Kraft; man muß umgekehrt eine kleine Last an dem langen, und eine große Kraft an dem kurzen Hebelarme anbringen.

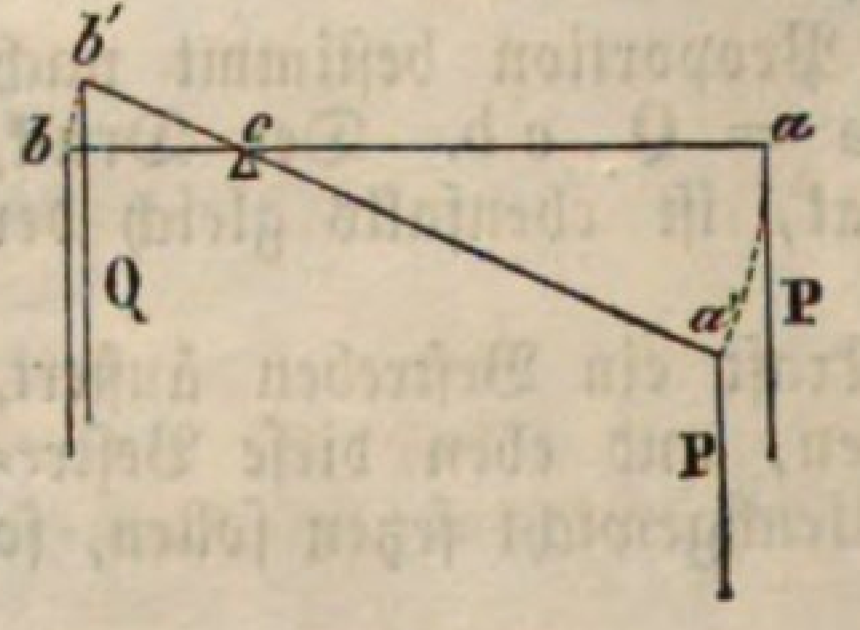


Fig. 18.

§. 32. Alle einfachen Maschinen lassen sich entweder auf den Hebel oder auf die schiefe Ebene (s. weiter unten) zurückführen. Eine Scheibe, welche um ihren Mittelpunkt drehbar ist, und in einer Aushöhlung ihres Randes eine Schnur oder ein Seil aufnimmt, heißt eine Rolle. Zieht man Fig. 19 vom Mittelpunkte die beiden Radien A C und A B nach denjenigen Punkten des Umfanges, an welchen das Seil abgeht, so kann man sich die Seile an den Endpunkten dieser Radien als Hebelarme befestigt, und die ganze Scheibe mit Ausnahme der beiden Radien hinweggenommen denken, ohne daß an der Wirkung dieser Maschine etwas geändert wird. Da die Radien auf den in der Richtung der Tangente abgehenden Seilen senkrecht stehen,

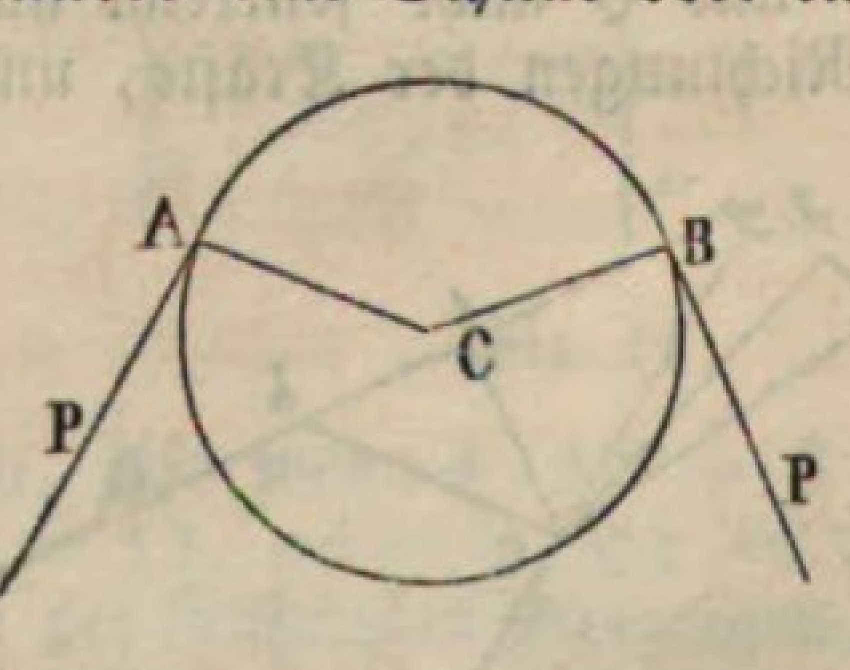


Fig. 19.

so werden für den Fall des Gleichgewichts die Kräfte sich verhalten müssen umgekehrt wie die Hebelarme; es sind nun die Hebelarme als Radien des Kreises einander gleich, folglich müssen auch die an beiden Seilen wirkenden Kräfte P und P einander gleich sein.

Eine solche Rolle, wie die vorstehende, welche ihren Ort behält, aber sich dabei um ihre Axe drehen kann, nennt man eine feste Rolle. Durch ihre Anwendung wird also, wie eben gezeigt, keine Kraft erspart; es sind vielmehr Kraft und Last einander gleich. Man bedient sich ihrer nur, um einer Kraft eine andere Richtung zu geben (und nennt sie deßhalb auch wohl Richtungsrolle). Sie hat, wie alle Rollen und Räder, vor dem Hebel den großen Vortheil, daß ihre Wirkung stets dieselbe bleibt; wird sie um einen beliebigen Winkel umgedreht, so ist ihre Gestalt und ihre Lage im Verhältniß zu der Umgebung noch stets dieselbe. Beim Hebel findet dieß nicht statt.

§. 33. Durch eine einzige feste Rolle läßt sich also nichts an Kraft sparen; soll dieß geschehen, so muß man zwei mit einander verbundene und um dieselbe Axe drehbare Rollen von ungleichem Durchmesser anwenden. Bedeuten A C und B C die Halbmesser der beiden Rollen in Fig. 20, auf welche die Seile zur Aufhängung der Gewichte P und Q geschlungen sind, so muß sich verhalten $P : Q = CB : AC$, d. h. wenn P (an der größern Rolle) als Kraft, und Q (an der kleinern) als Last bezeichnet wird: Bei zwei festen mit einander verbundenen Rollen findet Gleichgewicht statt, wenn sich die Kraft verhält zur Last, wie der Radius der kleinen Rolle, zum Radius der großen Rolle.

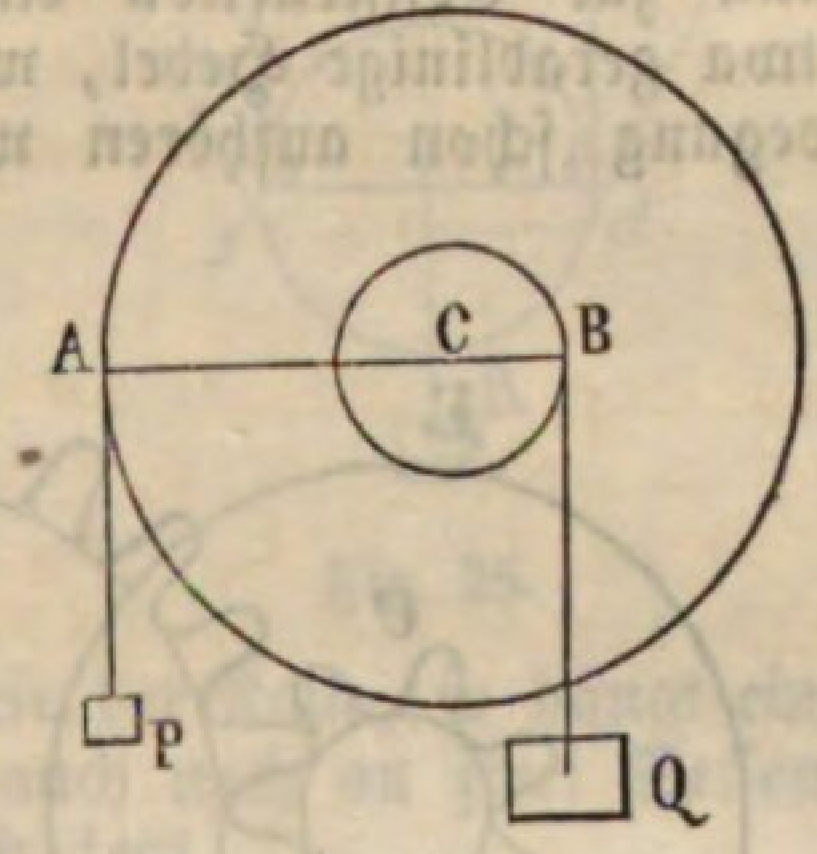


Fig. 20.

Denkt man sich die Rinne der kleinen Rolle, welche das Seil aufnimmt, so verbreitert, daß aus ihr ein langer Cylinder, Fig. 21, von demselben Radius wie die kleine Rolle entsteht, so nennt man diesen Cylinder die Welle, und die große Rolle C das Rad. Bei diesem Rade an der Welle ist Gleichgewicht, wenn sich die Kraft P (am Rade) zur Last Q (an der Welle) verhält, wie der Radius der Welle zum Radius des Rades.

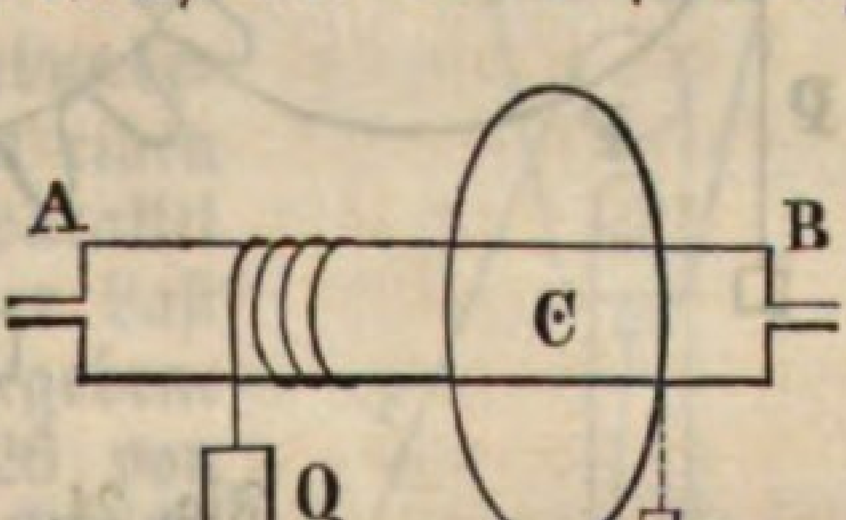


Fig. 21.

Bringt man auf dem Umfange des Rades einzelne Zähne zum Eingreifen der Kraft an, so wird an vorstehendem Gesetz nichts geändert. — Läßt man die Scheibe hinweg und steckt einige Querhölzer A A′, B B′, Fig. 22, sogenannte Triebstöcke, in die Welle, so bleibt auch das vorhergehende Gesetz richtig, wenn man nur den Radius des Rades durch die Länge dieser Triebstöcke ersetzt. — Wendet man nur einen einzigen Hebelarm A B, Fig. 23, an (und versieht diesen auch wohl noch mit einem bequemen Handgriff B C), so erhält man eine Curbel; auch hier gilt dasselbe Gesetz: Es ist Gleichgewicht, wenn sich die Kraft an der Curbel

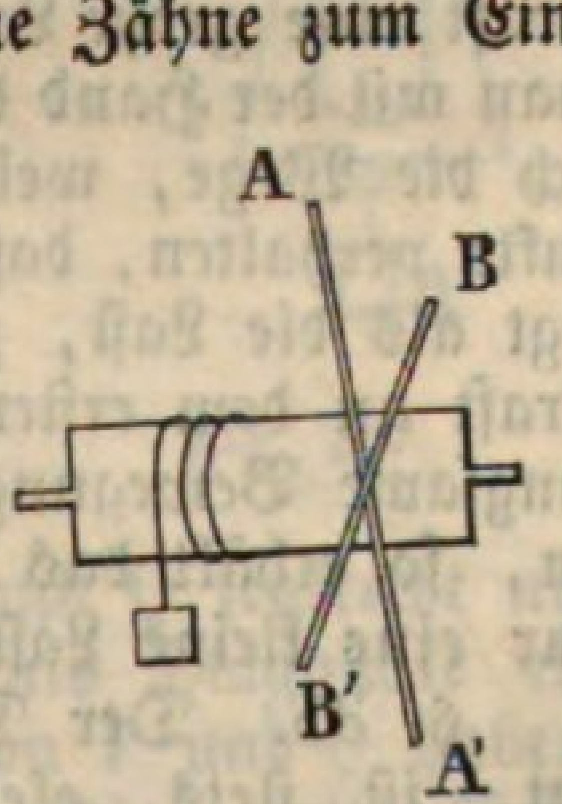


Fig. 22.

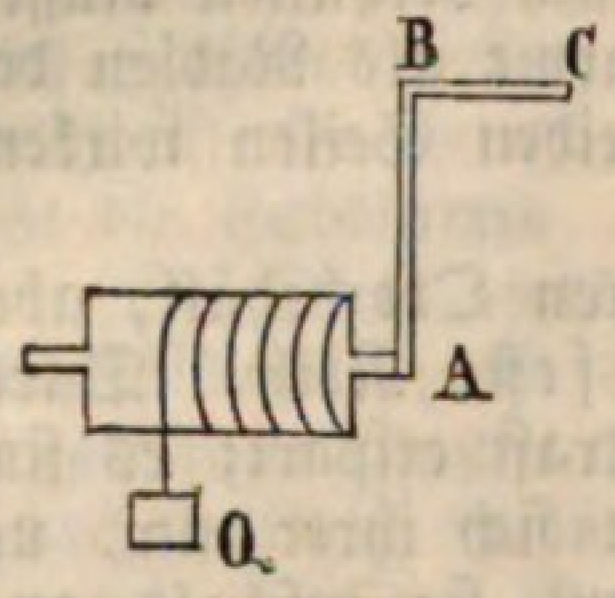


Fig. 23.

zur Last an der Welle verhält, wie der Radius der Welle zur Länge der Curbel.

§. 34. Sehr häufig benutzt man, um die Kraft zu verstärken, mehrere in einander greifende Hebel. Man läßt z. B. den kurzen Hebelarm des ersten Hebels auf den langen Hebelarm des zweiten Hebels wirken; den kurzen Hebelarm dieses zweiten wieder auf den langen Arm eines dritten, der an seinem kurzen Arme die Last trägt, während die Kraft auf den langen Hebelarm des ersten Hebels wirkt. Berechnet man die Wirkung eines Hebels nach dem andern, so erhält man das Endresultat, daß die Kraft sich verhält zur Last, wie das Produkt aus allen kurzen Hebelarmen (welche sich von ihren Drehpunkten aus auf Seite der Last befinden), zu dem Produkte aus allen langen Hebelarmen (welche sich also auf der Seite der Kraft befinden).

Da gezahnte Räder nicht anders wirken als Hebel, so nimmt man zur Construction eines solchen zusammengesetzten Hebelsystems nicht etwa geradlinige Hebel, weil deren Eingriff in einander nach geringer Bewegung schon aufhören würde, sondern gezahnte Räder, Fig. 24. Man verbindet ein größeres gezahntes Rad mit einem kleinern, das vorzugsweise das Getriebe heißt. Die Zähne eines Rades A B greifen stets in die Zähne eines Getriebes C D und der Radius des Rades und des Getriebes stellen die vorher betrachteten langen und kurzen Hebelarme vor. Es ist bei einem solchen System von Rädern Gleichgewicht, wenn sich die Kraft P am ersten Rade E F verhält zur Last Q am letzten Getriebe (oder an der letzten Welle G), wie das Produkt aus den Radien der Getriebe zum Produkt aus den Radien der Räder.

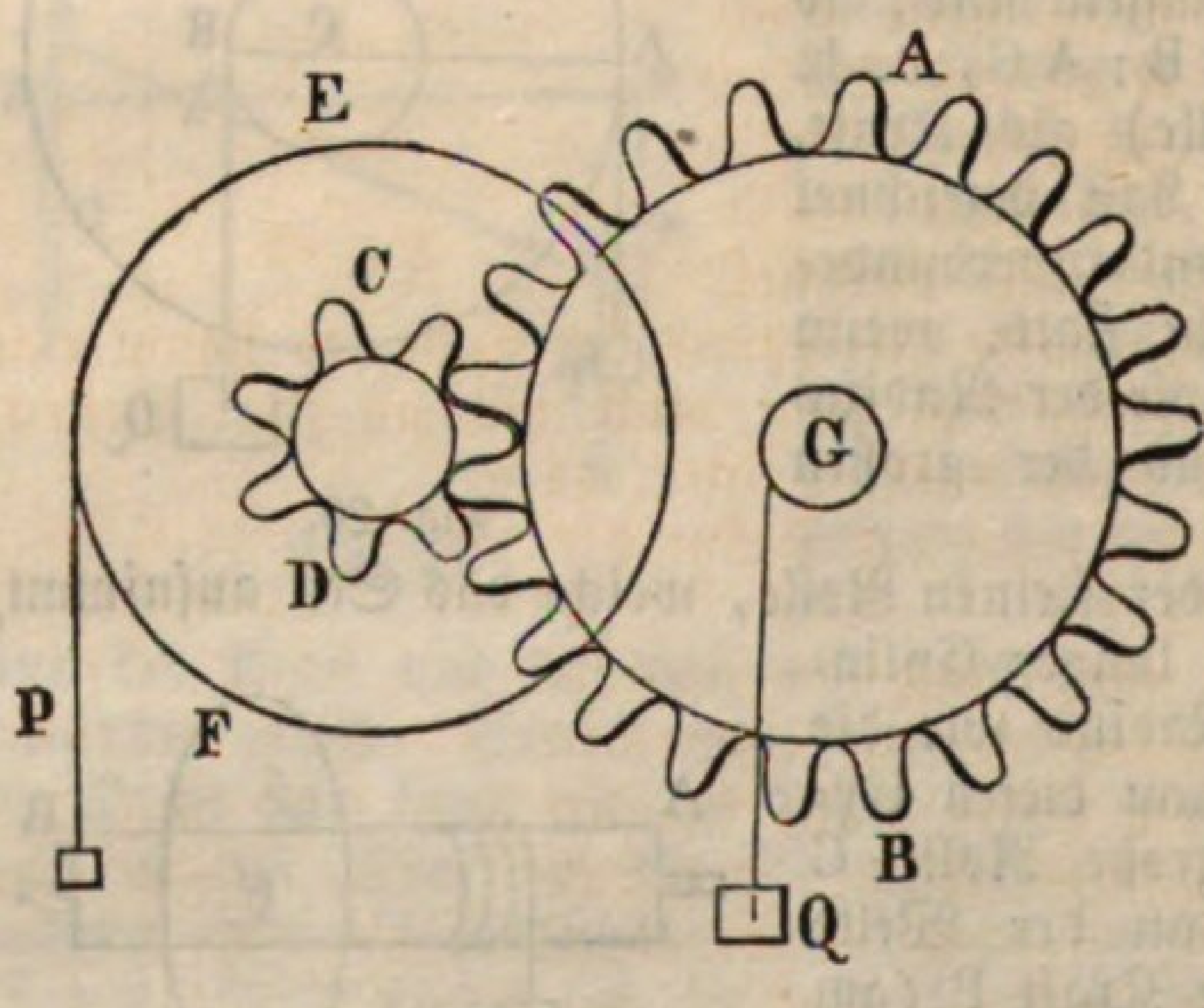


Fig. 24.

Man sieht, daß mittelst eines solchen Systemes von Rädern eine kleine Kraft eine große Last im Gleichgewichte halten kann, aber auch, daß, wenn man mit der Hand die grade im Gleichgewicht befindliche Vorrichtung bewegt, sich die Wege, welche Kraft und Last zurücklegen, ebenso wie diese Produkte verhalten, daß also die Kraft einen um so viel größern Raum zurücklegt als die Last, je kleiner sie ist, als die letztere. Bringt man also eine Kraft an dem ersten großen Rade an, so erhält die letzte Welle nur eine langsame Bewegung; bringt man diese Kraft dagegen an der letzten Welle an, so erhält das erste Rad eine sehr schnelle Bewegung (bei der es aber nur eine kleine Last bewegen kann).

§. 35. Der Druck, welchen die Axe c einer Rolle, Fig. 19, zu tragen hat, ist stets gleich der Resultirenden der beiden gleichen Kräfte P, welche an den Endpunkten des um ihre Peripherie geschlungenen Seiles wirken. Umschlingt das Seil gerade die halbe Rolle, gehen also die beiden

Seile parallel, so ist die Resultirende gleich der Summe beider Kräfte, = 2 P. Diesen Druck hat nun die Axe auszuhalten, und das Gleichgewicht herzustellen, indem sie ihn durch ihren Widerstand vernichtet. Es ist nämlich beim Hebel, ebenso wie bei der Rolle, in der That nicht Gleichgewicht bloß zwischen zwei Kräften, sondern zwischen drei, zwischen der Kraft, der Last und dem Widerstande des Unterstützungspunktes; denselben Druck, welchen dieser Punkt von der Resultirenden der Kraft und Last erhält, gibt er in entgegengesetzter Richtung wieder zurück. Nothwendig muß daher bei einem Hebel und ebenso bei der Rolle auch Gleichgewicht stattfinden, wenn man an dem Unterstützungspunkte oder an der Axe eine Kraft anbringt welche der Resultirenden der Kraft und Last gleich und grade entgegengesetzt ist. Eine solche in einer Schnur hängende Rolle, Fig. 25, an deren Axe c eine Last R angebracht ist, heißt eine bewegliche Rolle. In dem so eben betrachteten Falle hatte die Axe den Druck 2 P auszuhalten, und so groß muß also auch die Kraft R sein, die man an der Axe zur Herstellung des Gleichgewichts anbringen will. Befestigt man also das eine Seil an einem festen Haken, so kann eine an dem andern Seile angebrachte Kraft P eine doppelt so große Kraft (oder Last) R = 2 P im Gleichgewicht halten. Man hätte auch gleich sagen können, da die Last R an zwei Seilen hängt, so trägt jedes Seil die Hälfte; dieß gilt aber eben nur in dem Falle, daß beide Seile parallel gehen. Sind die Seile nicht parallel,

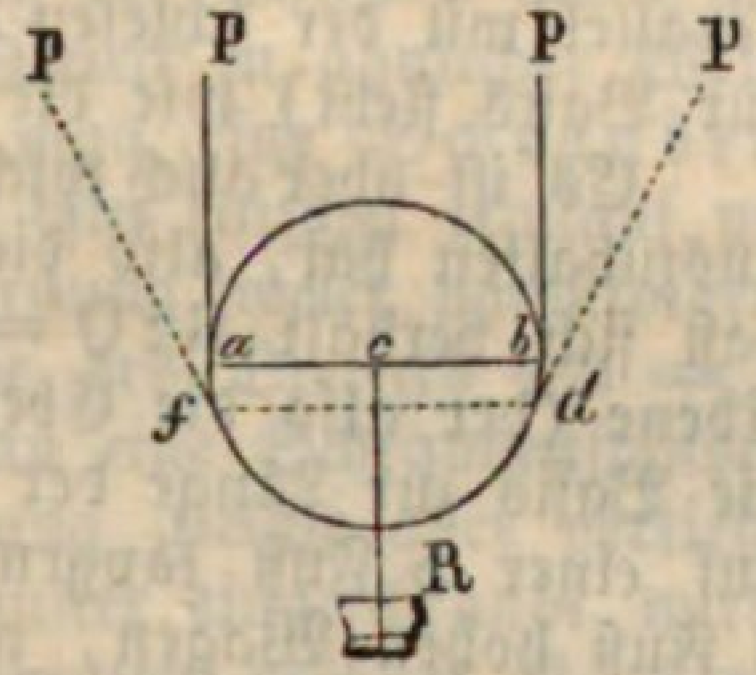


Fig. 25.

umspannt, also das Seil nicht die halbe Peripherie der Rolle, so hängt eine am Mittelpunkte der Rolle befindliche Last zwar auch noch an zwei Seilen, aber die Kraft P an dem einen Seile verhält sich jetzt zur Last R wie der Radius der Rolle a c zur Sehne des vom Seil umspannten Bogens f d.

Ein System von mehreren mit einander verbundenen festen und beweglichen Rollen nennt man einen Flaschenzug, Fig. 26. Da die Seile nahe parallel sind, so erhält man das Verhältniß zwischen der Last Q und der Kraft P einfach auf die eben angegebene Weise. Wird die Last Q z. B. wie in Fig. 26 von vier Seilen getragen, so ist für den Fall des Gleichgewichts P = 1/4 Q, weil jedes der vier Seile dann nur den vierten Theil der Last zu tragen hat; ebenso groß muß aber auch die Kraft P sein, welche über die oberste Richtungsrolle hinweg das vierte Seil anspannt.

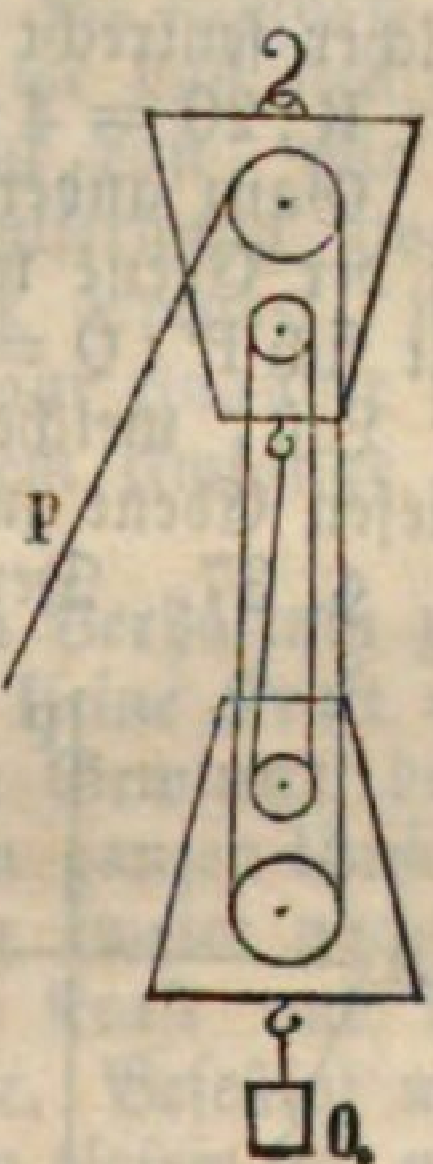


Fig. 26.

§. 36. Wirkt eine Kraft (oder Last) Q, Fig. 27, gegen eine Ebene A B unter einem Winkel, und man soll bestimmen, welche Kraft P in der Richtung dieser Ebene angebracht werden muß, um die Last Q ins Gleichgewicht zu setzen, so wird die Kraft P eine solche Größe erhalten müssen, daß die Resultirende R von P und Q senkrecht auf der Ebene steht; man muß also über der Richtung R als Diagonale ein Parallelogramm construiren, dessen Seiten die Richtung von P und Q haben, und wo a d zugleich die Länge der einen Seite angibt. Die zweite Seite a c gibt dann die Größe der Kraft P. Die auf der Ebene senkrecht stehende Resultirende wird durch den Widerstand der Ebene vernichtet, und Q und P

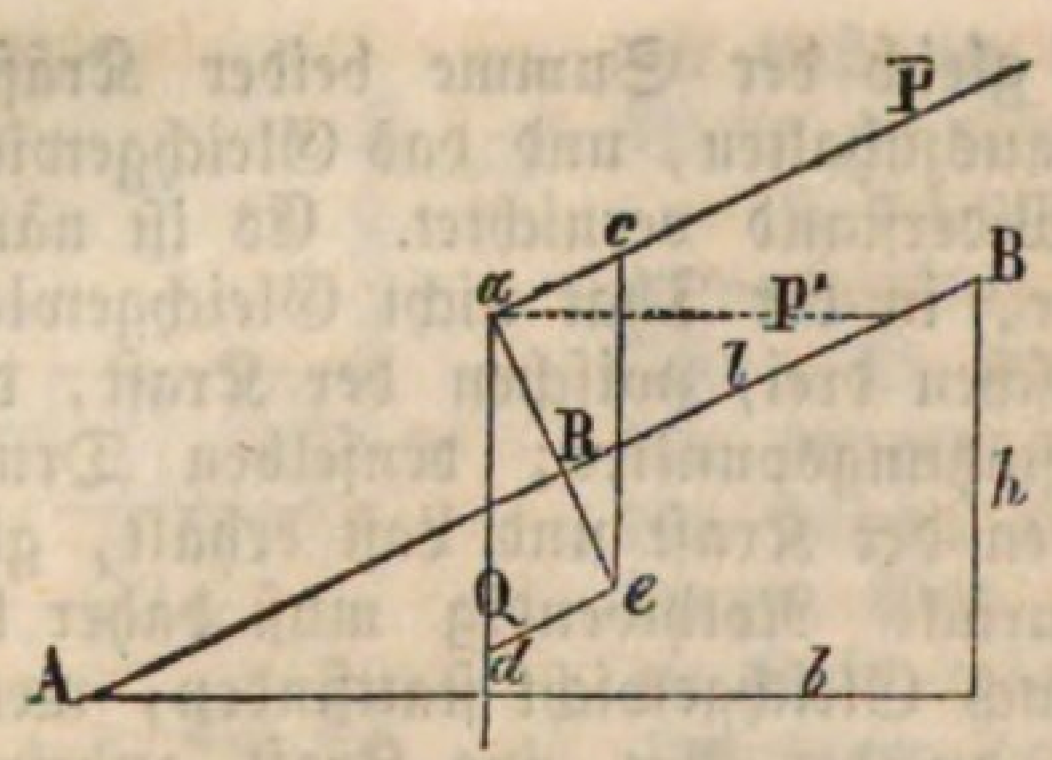


Fig. 27.

stehen also im Gleichgewicht. Das zwischen P und Q stattfindende Verhältniß ergibt sich aus der Betrachtung des Parallelogramms (oder seiner einen Hälfte des Dreiecks a e d), läßt sich aber auch einfach auf folgende Weise darstellen. Zieht man mit Q eine Parallele h, und vollendet das rechtwinklige Dreieck durch die Linie b, welche gegen Q senkrecht steht, nennt die Hypotenuse l die Länge der schiefen Ebene, die eine Kathete h die Höhe und die andere b die Basis oder Grundlinie der schiefen Ebene, so läßt sich zeigen, daß sich verhält $P : Q = h : l$, d. h. die Kraft, welche parallel mit der schiefen Ebene wirkt, verhält sich zur Last (welche senkrecht zur Basis steht) wie die Höhe zur Länge der schiefen Ebene.

Es ist aber auch wichtig, den Druck zu wissen, welchen die schiefe Ebene auszuhalten hat, also die Größe der Resultirenden R; man kann beweisen, daß sich verhält $R : Q = b : l$, d. h. der Druck senkrecht gegen die schiefe Ebene (der also die Ebene zu zerbrechen strebt), verhält sich zur Last, wie die Basis zur Länge der schiefen Ebene. Liegt z. B. ein Faß von 20 Centner auf einer 5 Fuß langen Leiter, welche mit ihrem einen Ende auf einen 3 Fuß hohen Wagen, mit ihrem andern Ende auf der Erde liegt, so ist $Q = 20$, $l = 5$, $h = 3$, und b ergibt sich aus dem rechtwinkligen Dreieck nach dem Pythagoräischen Lehrsatze $= 4$. Man findet dann die Kraft P, welche parallel mit der Ebene der Leiter gerichtet und hinreichend ist, um das Faß auf der Leiter im Gleichgewicht zu erhalten, durch die Proportion $P : Q = h : l$, oder $P : 20 = 3 : 5$, also $P = 12$. Um den Druck zu finden, welcher senkrecht gegen die schiefe Ebene wirkt, setzt man an $R : Q = b : h$ oder $R : 20 = 4 : 5$, also $R = 16$.

Ganz anders werden diese Verhältnisse, wenn die Kraft P nicht parallel mit der Ebene wirkt, sondern parallel mit der Grundlinie P'. Dann verhält sich $P' : Q = h : b$, d. h. die Kraft, welche parallel mit der Basis wirkt, zur Last, welche senkrecht gegen dieselbe gerichtet ist, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Basis.

§. 37. Der **Keil** ist ein dreiseitiges Prisma, Fig. 28, dessen Durchschnitt das Dreieck A B C darstellt; seine Wirkung läßt sich auf die schiefe Ebene reduciren. Nimmt man sowohl die Lasten Q und Q', welche auf die beiden Seitenflächen, als auch die Kraft P, welche auf die Breite des Keiles wirkt, senkrecht gegen diese Flächen, so verhält sich $P : Q : Q' = AB : AC : BC$ also die Kraft P zur Last Q wie die Breite des Keiles zur Länge der Seitenlinie. Ein Keil wirkt also bei Anwendung einer und derselben Kraft um so stärker, je kleiner seine Breite im Verhältniß zur Seitenlinie oder je schärfer die Schneide desselben ist. Alle unsere Schneidewerkzeuge, Meißel, Messer, Scheeren, Zähne u. s. w. sind nichts als Keile.

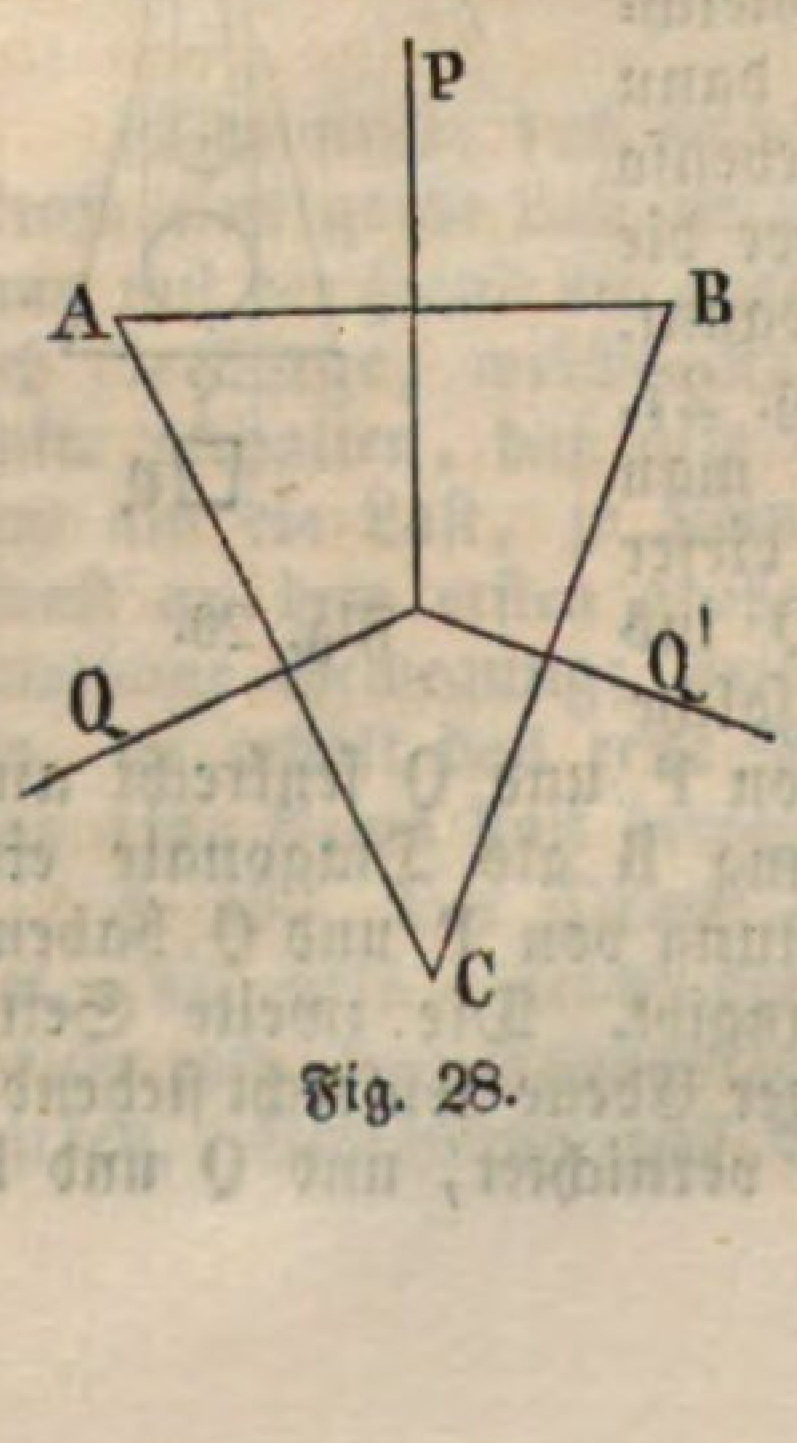


Fig. 28.

§. 38. Denkt man sich einen Cylinder A B, Fig. 29, und ein rechtwinkliges Dreieck a b c, dessen Basis c b gerade so groß ist, als wie der Umfang des Cylinders und legt das Dreieck a b c um den Cylinder herum, so daß die Grundlinie des Dreiecks parallel mit der Grundfläche B des Cylinders A B geht, so wird die Hypotenuse a c des Dreiecks als schiefe Ebene an dem Cylinder in die Höhe steigen. Da die Grundlinie des Dreiecks gerade so groß ist als der Umfang des Cylinders, so wird nach der Umwickelung der Punkt b mit c zusammen und also a über c fallen. Legt man das Dreieck in ähnlicher Weise noch mehrere Male um den Cylinder, so erhält man eine Schraubenlinie, wie sie auf dem Cylinder gezeichnet ist. Ein einziger Umlauf um den Cylinder heißt ein Schraubengang. Die Entfernung zweier nächstfolgenden Schraubengänge wird gemessen durch die Höhe des Dreiecks a b = h. Schneidet man dieselben erhaben aus, so erhält man eine Schraubenspindel, welche in einen zweiten Theil, der in einer Oeffnung gleiche aber vertiefte Windungen enthält, in die sogenannte Schraubenmutter eingeschraubt wird. Indem nun die Schraubenspindel in der Schraubenmutter drehbar ist, kann man eine an der Schraubenspindel senkrecht gegen ihre Grundfläche wirkende Last im Gleichgewicht halten durch eine an dem Umfange der Spindel parallel mit ihrer Basis angebrachten Kraft. Die Schraubengänge an dem Umfange des Cylinders lassen sich als schiefe Ebenen auffassen, deren Höhe gleich a b = h, und deren Basis = c b = dem Umfange der Spindel ist. Da nun die Kraft parallel mit der Basis wirkt, während die Last senkrecht gegen dieselbe steht, so verhält sich nach §. 37 die Kraft zur Last, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Basis, oder wie die Entfernung zweier auf einander folgenden Schraubengänge zum Umfange der Spindel, weil die Höhe der schiefen Ebene gleich der Entfernung zweier auf einander folgender Schraubengänge, und die Basis derselben gleich dem Umfange der Spindel ist.

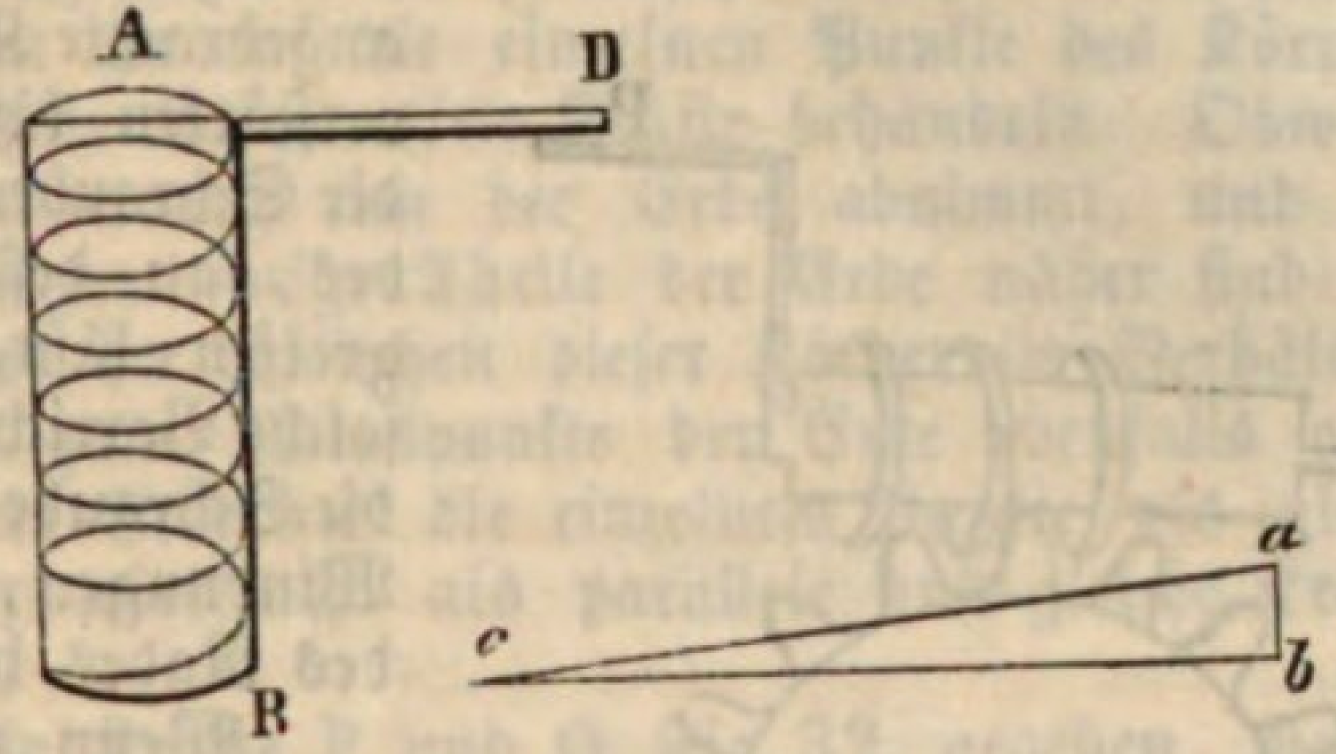


Fig. 29.

Da die Entfernung zweier nächsten Schraubengänge im Verhältniß zum Umfange der Spindel eine kleine Größe ist, so wird eine kleine Kraft eine große Last aufheben können. Aber auch hier ist kein reeller Gewinn; dreht die an der Spindel angebrachte Kraft die Spindel um ihren ganzen Umfang herum, so hebt sich die Spindel nur um die Entfernung zweier nächsten Schraubengänge in die Höhe. Es stehen also auch hier Kraft und Last wieder im umgekehrten Verhältnisse der zurückgelegten Räume. Befestigt man an der Spindel einen Hebelarm A D, und bringt die Kraft an diesem an, nicht wie vorhin gleich an dem Umfange der Spindel), so wird eine gegebene Kraft eine noch größere Last im Gleichgewicht halten können. Bewegt sich aber die Kraft um den ganzen Kreis fort, den ihr Angriffspunkt D beschreibt, so hebt sich die Last an der Spindel nur um die Entfernung eines Schraubenganges. Da nun, wie oben gezeigt wurde, Kraft und Last stets im umgekehrten Verhältniß der von ihnen zurückgelegten Räume stehen, so verhält sich hier die Kraft zur Last, wie die Entfernung zweier Schraubengänge zum Umfange des Kreises, welchen der Angriffspunkt der Kraft beschreibt.

§. 39. Man sieht leicht, welche sehr bedeutende Kraftäußerung mit einer Schraube erreicht werden kann, selbst wenn die an dem Hebelarme angebrachte Kraft nicht groß ist. Noch mehr verstärken läßt sich diese Kraft, wenn man die Schraubengänge in die Zähne eines Rades, an dessen Axe erst die Last wirkt, eingreifen läßt, Fig. 30. Man nennt eine solche Vorrichtung eine Schraube ohne Ende; die Schraube besteht freilich nur aus wenigen Windungen, aber ihr Eingriff in die Zähne des Rades hat kein Ende.

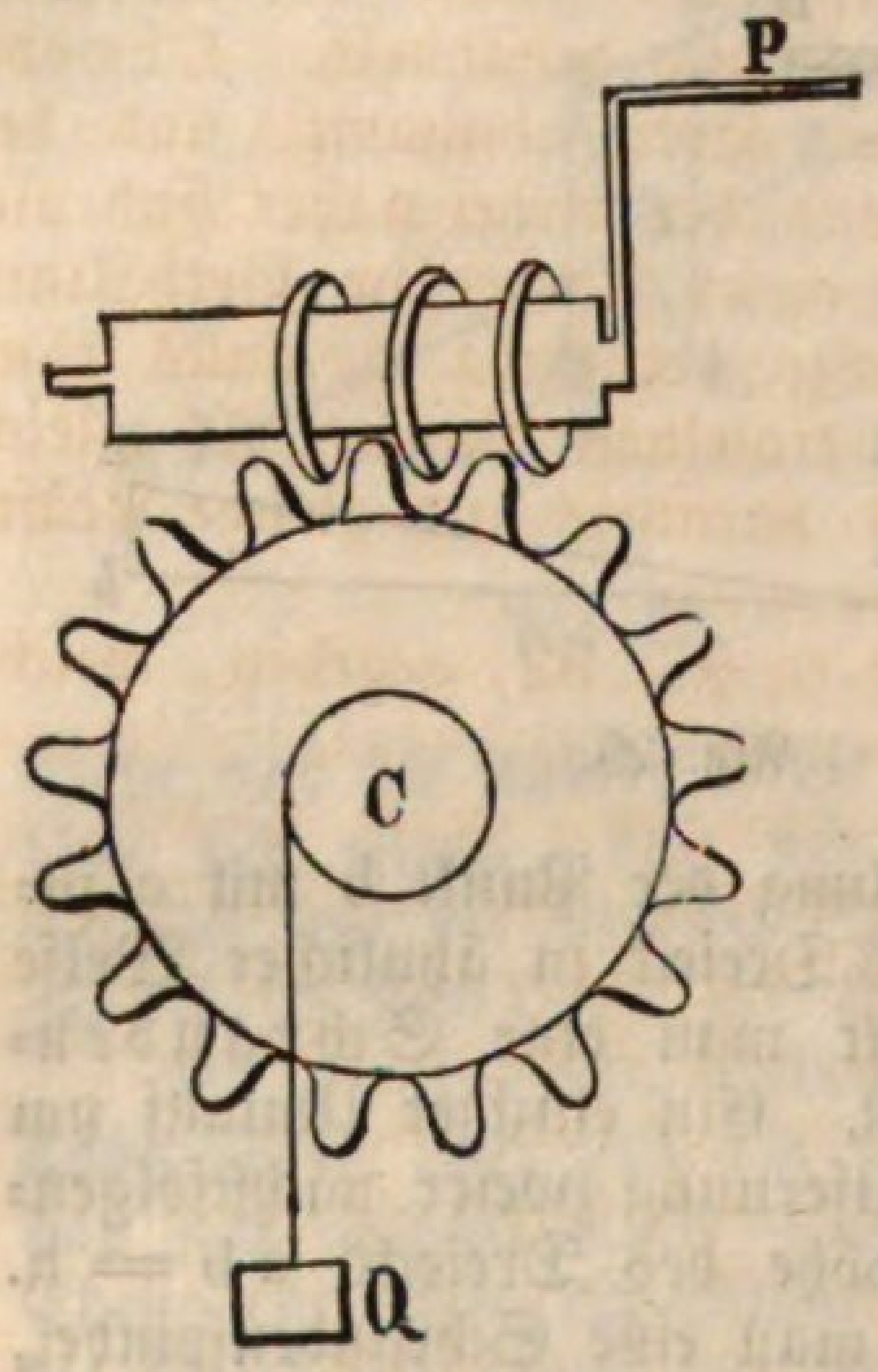


Fig. 30.

Wenn man die Kraft auch durch einen beträchtlichen Raum bewegt, so wird die Last doch nur wenig vorrücken, oder die Axe der Welle nur um sehr wenige Grade oder Bruchtheile eines Grades sich drehen. Man benutzt deßhalb diese Schraube ohne Ende sehr gewöhnlich bei Vorrichtungen, welche genau eingestellt werden müssen, indem man die drehbaren Theile des Apparates an der Axe C eines gezähnten Rades anbringt, in dessen Zähne die Windungen einer Schraube eingreifen (wie z. B. bei der Boussole der Feldmesser).

Auch die gewöhnliche Schraube findet ihre Anwendung bei der Messung sehr kleiner Gegenstände, z. B. bei den Beobachtungen unter dem Mikroskop.

§. 40. Es ist früher schon erwähnt, daß alle materiellen Theilchen sich gegenseitig anziehen. Werden die gleichzeitigen Anziehungen mehrerer Theilchen betrachtet, so muß aus diesen Anziehungen nach den früher aufgestellten Gesetzen die Resultirende gesucht werden. Da die Erde A B, Fig. 31, nahe eine Kugel bildet, so wird die Resultirende aller Anziehungen, welche sie auf den Punkt D ausübt, stets (nahe) durch den Mittelpunkt der Erde C gehen. Man findet diese Resultirende sogleich, wenn man den Mittelpunkt der Kugel mit dem angegebenen Punkte durch eine gerade Linie verbindet, und dann die Anziehungen zweier auf beiden Seiten dieser Linie entsprechend gelegenen Punkte E und F sucht. Da die Anziehungen zweier entsprechend gelegenen Punkte auf den gegebenen Punkt gleich sind, so wird die Resultirende von beiden den Winkel halbiren, und also durch den Mittelpunkt der Kugel gehen. Durch eben diesen Punkt geht aber auch die Resultirende jeder zweier anderer entsprechend gelegenen Punkte, folglich auch die Resultirende aus allen Anziehungen zusammengenommen.

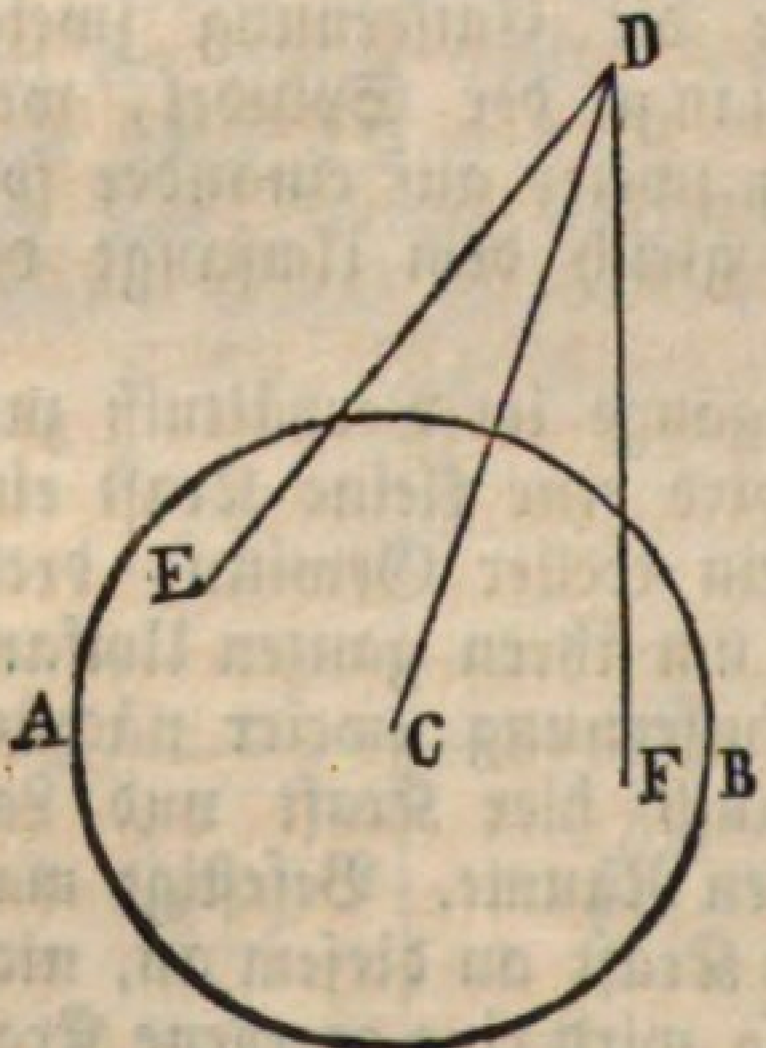


Fig. 31.

Auf einen jeden Punkt der auf der Erdoberfläche befindlichen Körper wirkt die Schwere in der Richtung des diesem Punkte entsprechenden Erdradius. Die auf die einzelnen Punkte eines Körpers wirkenden Kräfte convergiren also im Mittelpunkte der Erde; da jedoch diese Entfernung von mehr

als 800 Meilen im Verhältniß zu den Dimensionen der gewöhnlichen Körper, mit deren Aufstellung, Bewegung u. s. w. die praktische Mechanik beschäftigt ist, sehr groß ist, so kann man die auf die einzelnen Punkte des Körpers wirkenden Schwerkräfte ohne Fehler als parallele Kräfte behandeln. Obwohl nun die Schwere mit der Entfernung von der Erde abnimmt, und bei jedem in Betracht gezogenen Körper einige Theile der Erde näher sind als andere, so kann man doch bei der Kleinheit dieser Körper im Verhältniß zu der großen Entfernung bis zum Mittelpunkte der Erde ebenfalls ohne allen Fehler die Anziehungen der Erde auf die einzelnen Punkte als gleich groß annehmen. Die Schwere wirkt also als parallele und gleiche Kräfte auf jeden Punkt eines Körpers.

§. 41. Sind zwei parallele Kräfte P und Q, Fig. 32, gegeben, welche in den Punkten a und b wirken, so erhält man den Angriffspunkt ihrer Resultirenden R nach dem bekannten Satze P : Q = cb : ac (§. 19). Denkt man sich die Kräfte P und Q, ohne an ihrer Größe und an ihrem Parallelismus etwas zu ändern, um ihren Angriffspunkt in die Lage von P′ und Q′ gedreht, so ändert die Resultirende R′ ihren Angriffspunkt c nicht.

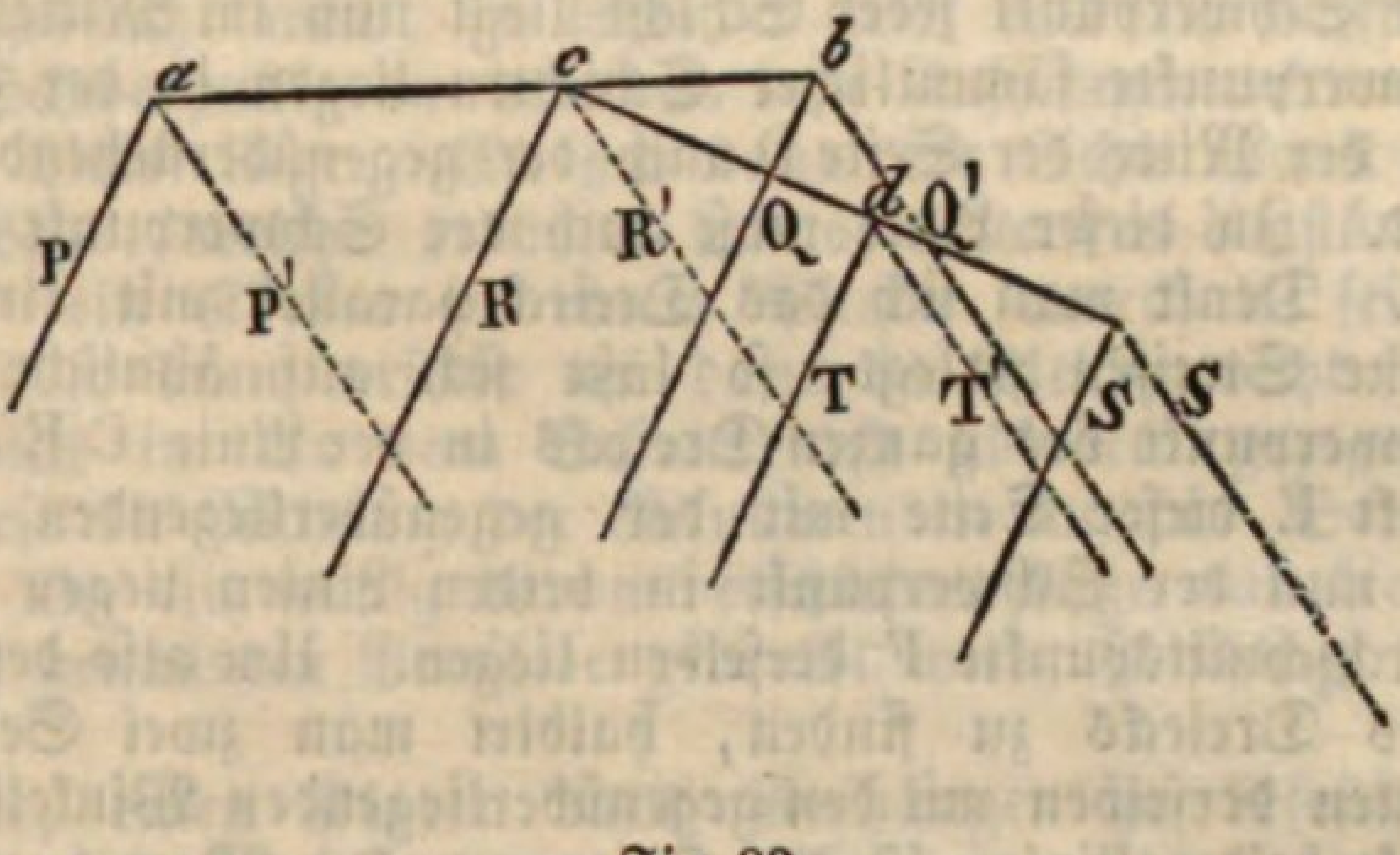


Fig. 32.

Wie man die beiden Kräfte P und Q auch um ihre Angriffspunkte drehen mag, stets geht ihre Resultirende durch den Punkt c. Ein Gleiches findet auch mit der Resultirenden T von drei parallelen Kräften P, Q und S statt, die sich ebenfalls um den Punkt d dreht, wie auch die drei Kräfte sich drehen, wenn sie nur parallel und in ihrer Größe unverändert bleiben. Denjenigen Punkt nun, durch welchen die Resultirende von parallelen Kräften stets geht, wie auch die Kräfte gedreht werden, also in dem letzten Falle den Punkt d, nennt man den **Mittelpunkt der parallelen Kräfte**. Jedes System von parallelen Kräften hat einen solchen Mittelpunkt, folglich haben auch die Kräfte der Schwere, welche auf die einzelnen Punkte eines Körpers wirken, ihren Mittelpunkt oder, wie man ihn in diesem Falle nennt, ihren **Schwerpunkt**. Jeder Körper hat also seinen Schwerpunkt, und durch ihn geht stets die Resultirende der einzelnen Schwerkräfte, wie der Körper auch gedreht werden mag. Da ein System, wie schon beim Hebel gezeigt wurde, im Gleichgewicht ist, wenn irgend ein Punkt der Resultirenden festgemacht ist, so muß auch ein Körper stets im Gleichgewicht sein, wenn er in seinem Schwerpunkte unterstützt ist. Es ist dann die Masse des Körpers nach allen Seiten hin um diesen Punkt gleich vertheilt. Eine gerade Linie (schwerer Punkte) hat ihren Schwerpunkt in ihrer Mitte. Bei einem Körper, dessen Figur, wie Kugel, Ellipse u. s. w. einen Mittelpunkt besitzt, muß der Schwerpunkt im Mittelpunkte liegen, weil alle durch ihn gezogenen Durchmesser in ihm halbirt werden, und also zu beiden Seiten gleich schwer sind.

§. 42. Ist eine beliebige gradlinige Figur gegeben, z. B. das Dreieck A B C, Fig. 33, und man soll den Schwerpunkt seines Umfangs suchen, so suche man den Schwerpunkt jeder einzelnen Seite, also die Mitte derselben, und bringe in derselben eine Kraft an, welche der Länge der Linie entspricht. Aus den drei Kräften sucht man dann auf dem früher angegebenen Wege (§. 19) den Angriffspunkt der Resultirenden.

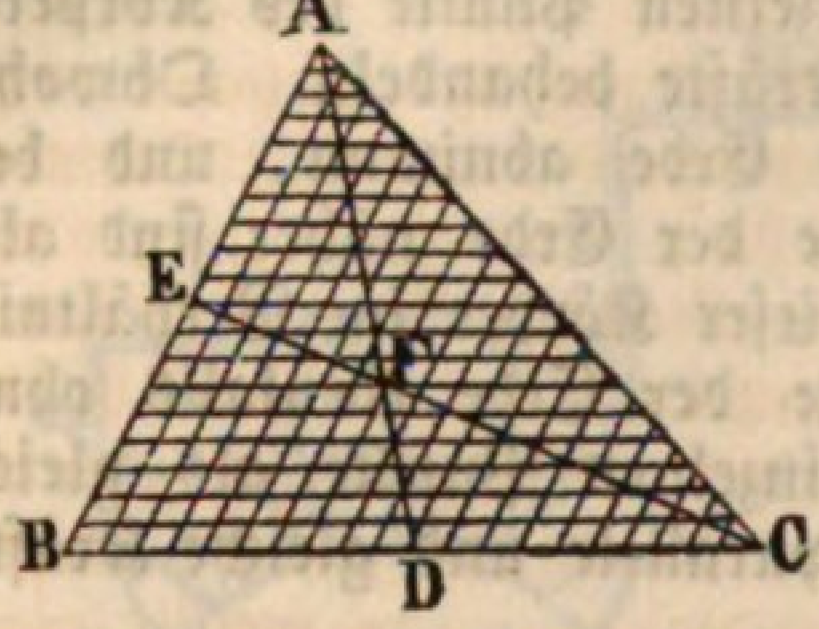


Fig. 33

Soll man den Schwerpunkt der Fläche eines Dreiecks suchen, so denke man sich das Dreieck A B C parallel mit einer Seite B C in so dünne Schichten zerschnitten, daß man dieselben als gerade Linien betrachten kann. Der Schwerpunkt jeder Schicht liegt nun im Mittelpunkte derselben, und die Schwerpunkte sämmtlicher Schichten liegen in der geraden Linie A D, welche von der Mitte der Seite D nach der gegenüberstehenden Winkelspitze A gezogen wird. In dieser Linie muß auch der Schwerpunkt des ganzen Dreiecks liegen. Denkt man sich das Dreieck parallel mit einer zweiten Seite A B in dünne Streifen zerlegt, so läßt sich auf ähnliche Weise zeigen, daß der Schwerpunkt des ganzen Dreiecks in der Linie C E liegt, welche den Mittelpunkt E dieser Seite mit der gegenüberliegenden Winkelspitze C verbindet. Da nun der Schwerpunkt in beiden Linien liegen soll, so kann er nur im Durchschnittspunkte F derselben liegen. Um also den Schwerpunkt der Fläche eines Dreiecks zu finden, halbirt man zwei Seiten, und verbindet die Mitten derselben mit den gegenüberliegenden Winkelspitzen; der Durchschnittspunkt beider Linien ist der Schwerpunkt. Man braucht auch nur eine dieser Linien A D zu ziehen; denn es läßt sich zeigen, daß der Schwerpunkt F jede dieser Linien in zwei Theile A F und F D theilt, von denen der eine A F doppelt so groß ist als der andere F D, er liegt also im ersten Drittheil dieser Linie von der Dreieckseite an gerechnet.

Will man den Schwerpunkt eines beliebigen Polygons bestimmen, so zerlegt man dasselbe in Dreiecke, bestimmt deren Schwerpunkte, bringt in denselben Kräfte an, deren Größe der Fläche jedes Dreiecks entspricht, und sucht aus allen diesen parallelen Kräften die Resultirende. Der Angriffspunkt derselben ist der Schwerpunkt.

Auf gleiche Weise läßt sich der Schwerpunkt des Umfangs eines beliebigen von ebenen Flächen begrenzten Körpers finden. Um den Schwerpunkt seines Inhalts zu finden, zerlegt man ihn in dreiseitige Pyramiden, sucht den Schwerpunkt derselben und die Resultirende aller Kräfte, die man in denselben entsprechend dem Inhalt der einzelnen Pyramiden angebracht hat. Den Schwerpunkt einer dreiseitigen Pyramide findet man aber auf ähnliche Weise, wie den Schwerpunkt des Dreiecks. Man zerlegt die Pyramide parallel mit einer Fläche in so dünne Schichten, daß man dieselben als Ebenen betrachten kann. Der Schwerpunkt aller einzelnen Schichten und folglich auch der Schwerpunkt der ganzen Pyramide liegt dann in der Linie, welche den Schwerpunkt der Seitenfläche mit dem gegenüberliegenden Eckpunkte verbindet, und zwar im vierten Theile derselben von der Fläche an gerechnet.

Die vorhergehenden Bestimmungen des Schwerpunktes gelten natürlich nur für eine ganz gleichartige Masse; besteht der Körper aus dünnern und dichtern Massen, so muß der Schwerpunkt jeder dieser Massen besonders bestimmt, und daraus der Schwerpunkt des ganzen Körpers abgeleitet werden.

Der Schwerpunkt eines solchen Körpers liegt stets den Stellen, welche die dichtere Masse einnehmen, näher, als wenn der ganze Körper gleichartig wäre.

§. 43. Es ist früher gezeigt, daß alle Anziehungen der Schwere auf einen Körper eine einzige Resultirende haben, welche stets durch den Schwerpunkt geht, und daß, wenn der Körper in seiner Lage verbleiben soll, diese Resultirende durch den Widerstand eines in ihrer Richtung liegenden festen Punktes vernichtet werden muß. Dieß Letztere kann nun auf dreierlei Weise geschehen: entweder der Körper wird im Schwerpunkte selbst unterstützt, oder in einem unterhalb oder oberhalb desselben gelegenen Punkte. Ist der Körper im Schwerpunkte selbst unterstützt, so bleibt er in jeder Lage, in welche man ihn dreht, stehen; liegt der feste Punkt dagegen oberhalb des Schwerpunktes, so nennt man den Körper aufgehangen, und wenn der Körper durch Anstoßen aus seiner Lage gebracht wird, so kehrt er doch bald in diejenige zurück, in welcher der Schwerpunkt in der von dem Aufhängepunkte vertikal abwärts gezogenen Linie liegt. Es hat dann der Schwerpunkt zugleich die möglichst tiefe Lage, welche er unter den obwaltenden Umständen einnehmen kann. Wird ein Körper in einem Punkte unterhalb seines Schwerpunktes unterstützt, so kann derselbe nur dann im Gleichgewicht sein, wenn der unterstützte Punkt in der vom Schwerpunkt abwärts gezogenen Vertikalen liegt, weil diese die Richtung der Resultirenden angibt. Sobald der Körper indeß in eine nur ein wenig davon verschiedene Lage und hiemit sein Schwerpunkt aus der genannten Vertikale gebracht wird, so schlägt derselbe um.

Die zweite Methode, einen Körper durch Aufhängen zu befestigen, liefert zugleich für die Praxis ein sehr bequemes Mittel, um die Lage des Schwerpunktes zu bestimmen. Man hängt nämlich einen Körper an einem Faden auf, welcher an einem beliebigen Punkte desselben angeknüpft ist; der Körper kommt dann in derjenigen Lage zur Ruhe, in welcher die Richtung des Fadens, welche zugleich die Richtung der Schwere ist, durch den Schwerpunkt des Körpers geht. Knüpft man den Faden an einen andern Punkt des Körpers, und hängt ihn wieder auf, so geht die Richtung des Fadens wieder durch den Schwerpunkt. Der Schwerpunkt des Körpers muß also da liegen, wo sich beide Richtungen schneiden.

§. 44. Befindet sich ein unterstützter Körper in einer solchen Gleichgewichtslage, daß er, wenn er ein wenig daraus entfernt wird, von selbst wieder in dieselbe zurückkehrt, so nennt man dieß Gleichgewicht ein **stabiles**; wie es z. B. ein an einem Faden aufgehangener oder ein auf einer breitern Grundfläche unterstützter Körper zeigt. Ein auf einer Seitenfläche liegender Würfel kann um eine gewisse Größe um eine seiner Kanten in die Höhe gehoben werden, und er fällt dennoch wieder auf seine Fläche zurück. Dieß geschieht, so lange der Schwerpunkt noch nicht soweit erhoben ist, daß er gerade über der Kante liegt, um welche er gedreht wird. Liegt der Schwerpunkt gerade vertikal über der Kante, so wird der Körper durch die Kante selbst unterstützt, und folglich von Neuem im Gleichgewicht sein, ohne in die alte Lage zurückzufallen. Wird die Drehung des Würfels noch weiter fortgesetzt, so daß die Vertikale von dem Schwerpunkte etwas jenseits der Kante liegt, so schlägt er auf die anliegende Fläche um. Die **Stabilität** eines Körpers ist um so größer (d. h. man gebraucht um so mehr Kraft ihn umzustoßen), je niedriger sein Schwerpunkt liegt, je weiter die vom Schwerpunkte gezogene Vertikale von der Kante absteht, um welche er umgestoßen werden soll, und

je beträchtlicher sein Gewicht ist. In der stabilen Gleichgewichtslage liegt der Schwerpunkt tiefer, als in jeder andern etwas davon verschiedenen Lage.

Hat der Schwerpunkt die höchste Lage, wie z. B. bei einem auf einer Ecke stehenden Würfel, so befindet sich der Körper auch in einer Gleichgewichtslage, aber in einer labilen, bei welcher der Körper augenblicklich umschlägt, wenn er auch nur unendlich wenig daraus entfernt wird. Ist der Körper im Schwerpunkte selbst unterstützt, so könnte man sein Gleichgewicht ein indifferentes nennen, weil er eben in jeder Lage stehen bleibt.

§. 45. Die Lehre vom Schwerpunkt findet ihre Anwendung bei der Wage. Die Wage, wie sie zu physikalischen und chemischen Versuchen angewendet wird, bildet stets einen gleicharmigen zweiarmigen Hebel, so daß die auf beide Wagschalen aufgelegten Lasten einander gleich sind. Soll es aber möglich sein, diese Gleichheit der Gewichte und des zu wiegenden Körpers genau zu erkennen, so muß die Wage so eingerichtet sein, daß sie für ein sehr kleines Uebergewicht auf der einen Seite schon einen bedeutenden Ausschlag nach derselben hin gibt.

Um den Balken A B in Fig. 34 die gehörige Beweglichkeit zu geben, muß derselbe mittelst einer sehr sorgfältig gearbeiteten Schneide C auf einer ebenen, sehr harten Unterlage von Stahl oder Achat ruhen. Ebenso müssen die beiden Wagschalen auf zwei nach oben gewendeten Schneiden A und B aufgehangen sein, damit die Länge der Hebelarme sich nicht dadurch ändern kann, daß die Wagschalen auf andere Punkte drücken. Es müssen ferner die Kanten der drei Schneiden (des Unterstützungspunktes und der beiden Aufhängungspunkte) in einer geraden Linie liegen, A C B.

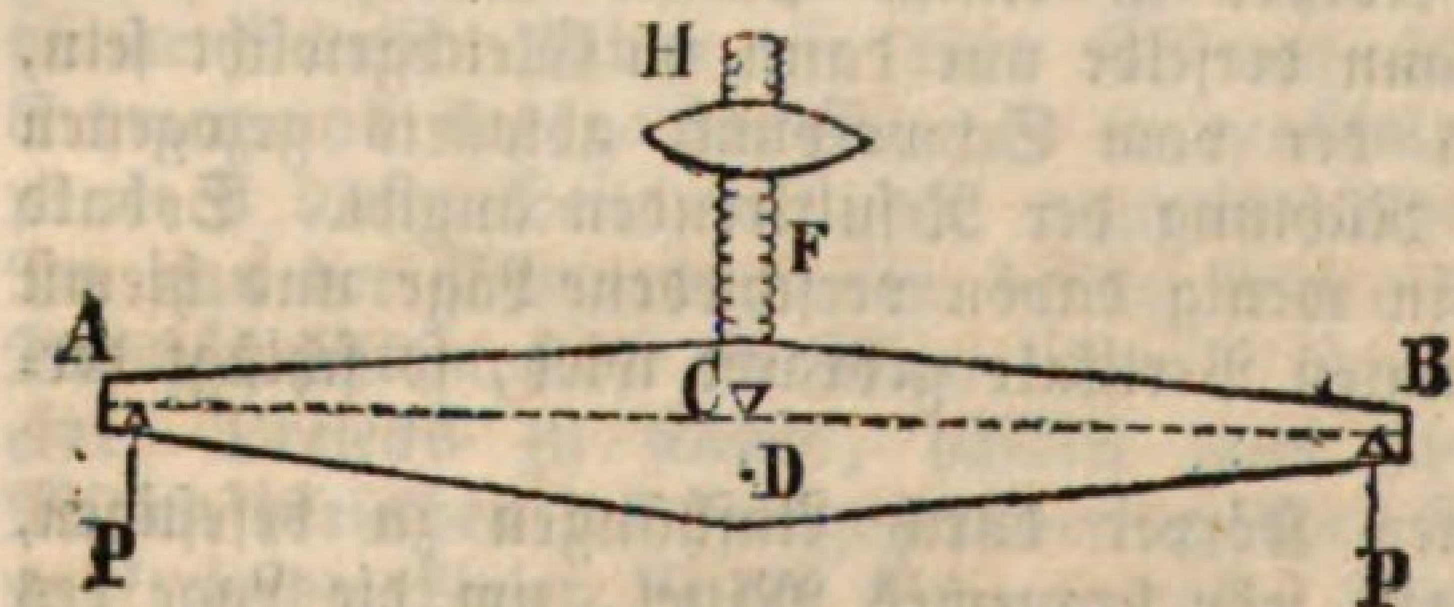


Fig. 34.

Um die bis jetzt genannten Bedingungen zu erfüllen und zu erhalten, sind an der Wage gewöhnlich besondere Vorrichtungen angebracht. Damit zuvörderst die Schneide, auf welcher der Wagebalken sich bewegt, nicht bei dem Aufsetzen der Gewichte auf die Wagschalen verletzt werde, so liegt der Balken während der Belastung nicht mit seiner Schneide auf der Unterlage auf, sondern ruht mit zwei seitlichen Verlängerungen der Schneide auf gabelförmigen Armen. Durch einen besondern am untern Theile des Gestelles angebrachten Hebel kann man nun bei einigen Wagen die gabelförmigen, den Balken tragenden Arme soweit niederlassen, daß die Schneide auf ihrer Unterlage zu stehen kommt, und die seitlichen Verlängerungen aus den gabelförmigen Armen heraustreten, oder bei anderen die Unterlage so weit erheben, daß sie unter die Schneide des Balkens tritt, den ganzen Balken ein wenig in die Höhe hebt, und dadurch die seitlichen Verlängerungen desselben aus den gabelförmigen Armen aushebt. Es ruht dann der Balken bloß auf seiner Schneide, und hat, da diese eine gerade Linie darstellt, eine sehr große Beweglichkeit. — Um die beiden Hebelarme (also die Entfernungen der beiden äußeren Schneiden von der mittelsten) genau gleich zu machen, und alle drei in eine gerade Linie zu bringen, sind an manchen Wagen Schrauben angebracht, durch deren Umdrehungen die beiden Schneiden der Wagschalen nach oben und unten, oder nach innen (nach der mittleren Schneide hin), und außen ein wenig verstellt werden können.

Bei einer guten Wage müssen aber ferner die beiden Arme gleich gestaltet sein, und der Schwerpunkt des Balkens muß nahe unter dem Unterstützungpunkte liegen. Das erstere ist nöthig, damit nicht durch Aenderung in der Temperatur und in der Schwere der Luft Störungen erfolgen, während das zweite für die Empfindlichkeit des Instruments ein unumgänglich nothwendiges Erforderniß ist. Bedeutet C die Schneide, auf welcher der Wagebalken ruht, A und B die beiden mit C in einer geraden Linie befindlichen Schneiden, an welche die Wagschalen angehängt werden, so muß der Schwerpunkt D vertikal unterhalb C liegen, Fig. 34 und 35. In der angegebenen Stellung befindet sich der Wagebalken in einem stabilen Gleichgewicht, weil der Schwerpunkt tiefer liegt als der Unterstützungspunkt (§. 44); wird derselbe durch einen Stoß aus seiner horizontalen Lage gebracht, so bewegt er sich pendelartig schwingend wieder zu der erwähnten Lage zurück, schwingt darüber fast bis zu gleicher Höhe nach der andern Seite hinaus, sinkt wieder zurück u. s. f. bis er endlich durch die Reibung und den Widerstand der Luft in der anfänglichen Lage wieder zur Ruhe kommt. Befände sich der Schwerpunkt des Balkens in der Kante der Schneide, so würde der Wagebalken in jeder Lage im Gleichgewichte sein; befände er sich aber über derselben, so würde der Balken zwar in horizontaler Lage, wo der Schwerpunkt genau vertikal über der Kante der Schneide läge, in einem labilen Gleichgewichte (§. 44) ruhen, aber augenblicklich gänzlich umschlagen, sobald er nur im Geringsten von dieser anfänglichen Lage verrückt würde.

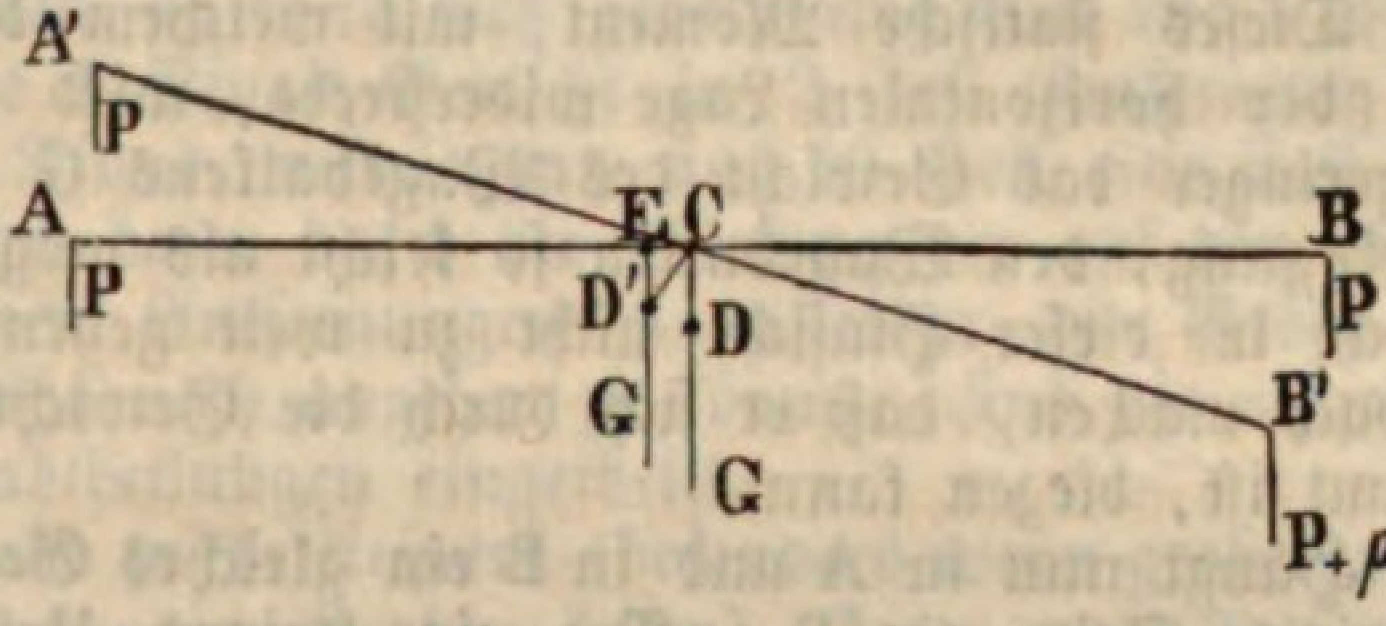


Fig. 35.

Es wird aus dem Folgenden gleich klar werden, daß die erstere Art der Aufstellung allein zum Zweck der Wage brauchbar ist, da die Wage sich für ein kleines Uebergewicht auf der einen Seite nur um eine gewisse Weite von der horizontalen Lage entfernen soll. Das Gewicht des Balkens G kann man sich in seinem Schwerpunkte, also in D angebracht denken, und dieses in D wirkende Gewicht G ist es eben, welches den Balken stets wieder in die horizontale Lage zurückführen will, da nur Gleichgewicht stattfinden kann, wenn die von C nach unten gezogene Vertikale durch D geht (oder der Schwerpunkt D so tief als möglich liegt). Denkt man sich den Wagebalken um einen Winkel a aus der Lage A B in die Lage A' B' gedreht, so dreht sich die Linie C D ebenfalls um C in die Lage C D'. Der Schwerpunkt des Balkens liegt also jetzt in D' und sein Gewicht G wirkt an dem Hebelarme E C. Dieser Hebelarm wird nun um so kleiner werden, je näher der Schwerpunkt D unter C liegt (fiele D in C, so vermöchte schon das allerkleinste Uebergewicht der einen Seite den Balken aus der horizontalen Lage ganz in die vertikale zu bringen). Das statische Moment aus dem Gewicht des Balkens in den Hebelarm ist, wie schon erwähnt, die Kraft, welche den Balken in die horizontale Lage zurückzuführen strebt, und sie nimmt mit der Größe des Ausschlags derselben zu.

Ein kleines Uebergewicht auf der einen Seite wird nun den Balken um so mehr aus der horizontalen Lage verrücken können, je kleiner die widerstrebende Kraft ist, also je kleiner das so eben erwähnte statische Moment

ist. Dieses Moment, das aus dem Gewicht des Balkens und dem Hebelarm, an welchem dieses Gewicht zieht (also z. B. E C) besteht, kann nun erstens verkleinert werden, wenn der Hebelarm verkleinert wird, also wenn der Schwerpunkt des Balkens D sehr nahe an dem Unterstützungspunkte desselben C liegt. Um diese Annäherung möglichst herzustellen, ist auf dem Wagebalken an einem schraubenförmigen Stifte F ein Gewicht H angebracht; wird dasselbe in die Höhe geschraubt, so steigt, da es mit dem Wagebalken ein zusammenhängendes Ganze bildet, der Schwerpunkt des Balkens. Bei der umgekehrten Bewegung desselben sinkt natürlich der Schwerpunkt des Balkens.

Dieses statische Moment, mit welchem der Balken seiner Verrückung aus der horizontalen Lage widerstrebt, wird nun zweitens um so kleiner, je geringer das Gewicht des Wagebalkens G ist. Hieraus ergibt sich die Bedingung, den Wagebalken so leicht als möglich anzufertigen. Man darf jedoch in dieser Hinsicht nicht zu weit gehen, und den Balken nicht so schwach machen, daß er sich durch die Gewichte, für welche die Wage bestimmt ist, biegen kann.

Hängt nun in A und in B ein gleiches Gewicht P, und wird dann auf der einen Seite (in B z. B.) ein kleines Uebergewicht p hinzugefügt, so soll sich die Wage auch für dieses kleine Gewicht möglichst weit von der horizontalen Lage entfernen. Es muß deßhalb dem kleinen Gewicht ein möglichst großer Hebelarm gegeben werden, damit es das noch vorhandene widerstrebende statische Moment des Balkens möglichst leicht überwinde. Hieraus ergibt sich also die Vorschrift, die beiden Arme der Wage möglichst lang zu machen. Man darf jedoch auch hier wieder eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Will man die Arme sehr lang machen, so biegen sich dieselben zu leicht, und will man denselben eine bedeutende Stärke geben, so wird man wieder gegen die vorhin aufgestellte Bedingung, den Balken möglichst leicht zu machen, verstoßen.

An manchen Wagen, deren Balken aus einem (der Leichtigkeit wegen) durchbrochenen Rhombus bestehen, ist eine sehr einfache Vorrichtung angebracht, wodurch man das Auf- und Ablegen der sehr kleinen Gewichte der Milligramme) erspart. Es ist nämlich die Entfernung von der mittelsten Schneide bis zur Schneide, an welcher die eine Wagschale hängt, in 10 Theile getheilt. Ein aus feinem Draht wie in Fig. 36 geformtes kleines Gewicht von 1 Centigramm läßt sich nun mittelst eines durch das Gehäuse der Wage hindurchgehenden starken Drahtarmes an dem obern Oehre aufnehmen, und auf verschiedene Stellen des Wagebalkens aufsetzen. Wird es über die äußere Schneide, also über den 10ten Theilstrich gesetzt, so wiegt es gerade 1 Centigramm: wird es aber auf den 9ten geschoben, nur $^9/_{10}$ Centigramm, oder 9 Milligramm; auf dem 8ten nur 8 Milligramm u. s. f. Man hat also nur nöthig, wenn die Last schon bis auf 1 Centigramm aufgewogen ist, diesen kleinen Reiter aufzusetzen und zu verschieben, bis die Wage völlig im Gleichgewicht ist; der Theilstrich, auf welchem derselbe sich befindet, gibt die Anzahl der Milligramme an. Sind die 10 Abtheilungen des Balkens nochmals in Halbe und Viertel getheilt, so kann man sogar Halbe- und Viertel-Milligramme mit Genauigkeit wiegen, sobald nur die Wage für solche kleine Gewichte empfindlich ist.


Fig. 36.

§. 46. Diese letztere höchst bequeme Einrichtung ist nichts anderes als die Hinzufügung einer sogenannten Schnellwage für die kleineren

Gewichte. Bei einer Schnellwage, Fig. 37, kommt es nämlich darauf an, mit einem und demselben, und zwar mit einem kleinen Gewicht, verschiedene größere Lasten zu wiegen. Man construirt deßhalb die Wage aus einem ungleicharmigen Hebel. Gesetzt der Aufhängungspunkt der Wagschale, auf welche die Lasten gelegt werden sollen, sei einen Zoll von dem Unterstützungs-Punkte entfernt, und der zweite längere Arm sei gleichfalls in Zolle (z. B. in 12 Zolle) abgetheilt. Hängt man nun mittelst eines Bügels z. B. 1 Pfund auf das Ende des ersten Zolles, so wird dieß gerade eine Last von 1 Pfund aufwiegen; hängt man das 1 Pfund Gewicht in 2 Zoll Entfernung, so kann man eine Last von 2 Pfund aufwiegen; auf 10 Zoll eine Last von 10 Pfund u. s. f. Man erfährt dann durch die Ablesung der auf den längeren Wagearm aufgeschriebenen Entfernungen unmittelbar die Größe des Gewichts. Um kleinere Werthe noch angeben zu können, sind die einzelnen Zolle noch in mehrere Unterabtheilungen eingetheilt.

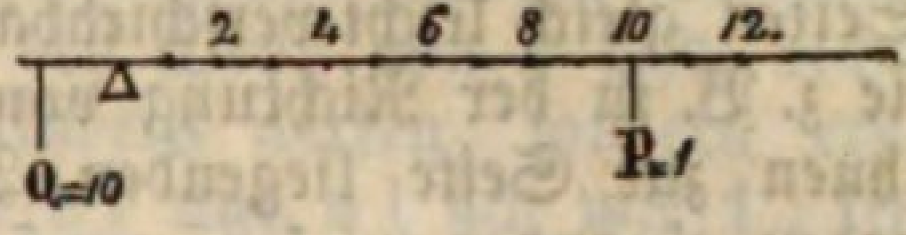


Fig. 37.

Um das Gewicht noch mehr zu verkleinern (besonders wenn große Lasten, wie z. B. beladene Wagen gewogen werden sollen), kann man statt eines einzigen Hebels eine Verbindung mehrerer Hebel anwenden. Dieß findet statt bei den sogenannten Brückenwagen, die zur Wägung ganzer Wagen dienen, und auch bei den kleineren tragbaren Brücken- oder sogenannten Decimalwagen.

Dritter Abschnitt.

Das Gleichgewicht flüssiger Körper.

§. 45. Die flüssigen Körper unterscheiden sich von den festen durch die leichte Verschiebbarkeit ihrer Theile, und durch den daraus folgenden Mangel einer selbstständigen Form. Da auch die Schwere auf die einzelnen Theilchen der Flüssigkeit wirkt, so entsteht dadurch eine Reihe ganz eigenthümlicher Erscheinungen. Des leichtern Verständnisses wegen wird es indeß zweckmäßig sein, die Einwirkung der Schwere für einen Augenblick nicht zu beachten, um den Einfluß der Verschiebbarkeit der einzelnen Theilchen deutlicher hervortreten zu lassen.

§. 46. Denkt man sich ein mit Wasser (das statt Flüssigkeit hier im Allgemeinen genannt werden mag) angefülltes und ringsum geschlossenes Gefäß A B, Fig. 38, in dessen Wänden jedoch zwei Stellen C D und E F nach Art eines Stempels beweglich gemacht sind, und belastet die eine derselben z. B. in der obern Wand beweglich gemachte Stelle C D durch ein Gewicht, so wird freilich zunächst nur das unmittelbar unter diesem Theile der Wand befindliche Wasser den Druck des darüber liegenden Stempels erleiden. Man wird aber bei näherer Betrachtung finden, daß dieser Druck sich in gleichem Maße nach allen Richtungen hin ausbreitet. Denn die

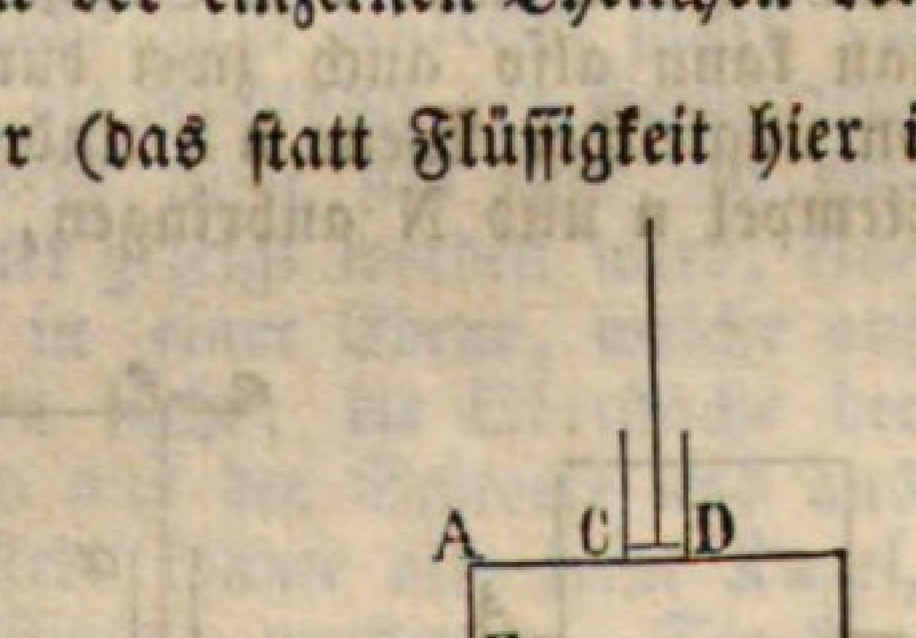


Fig. 38.

weiter nach unten liegenden Schichten erhalten den Druck vermittelst der dazwischen liegenden. Da ferner die Theilchen des Wassers auch nach den Seiten gleich leicht verschiebbar sind, so werden dieselben den Druck, welchen sie z. B. in der Richtung von oben nach unten erleiden, auch auf die neben ihnen zur Seite liegenden Theilchen fortpflanzen. Wo aber zwei Körper gegen einander wirken, muß stets Druck und Gegendruck einander gleich sein; es kann deßhalb in der so eben erwähnten, flüssigen Masse nicht eher Gleichgewicht eintreten, als bis auch die zur Seite liegenden Theilchen mit derselben Kraft, welche die einzelnen Theilchen unterhalb der beweglichen Stelle des Deckels erleiden, nach der Seite hingedrückt werden. Da also jedes Wassertheilchen nach allen Richtungen hin gleich stark gedrückt wird, so müssen auch die auf gleich große Stellen einer Seitenwand oder des Bodens oder Deckels ausgeübten Drucke gleich groß sein. Betrachtet man ungleich große Stellen, so wird folglich der auf dieselben wirkende Druck sich ebenso, wie die Größe der betrachteten Stellen verhalten; eine doppelt so große Fläche erleidet auch den doppelten Druck. Ist der Stempel C D z. B. 1 Quadratzoll und der Stempel in E F 16 Quadratzoll groß, so wird, wenn der Stempel C D mit 10 Pfund Kraft herabgedrückt wird, der Stempel E F mit 160 Pfund belastet werden müssen, um Gleichgewicht herzustellen.

Es leuchtet ein, daß man durch gehörige Vergrößerung der gedrückten Fläche eine ungemein große Kraftäußerung auch bei Anwendung einer kleinen Kraft erhalten kann. Aber auch hier gilt wieder das frühere Gesetz, daß an Raum oder Zeit verloren geht, was an Kraft gewonnen wird. Bewegt man den 1 □ Zoll weiten Stempel 1 Zoll vorwärts, so verdrängt er 1 Kubikzoll Wasser; dieser tritt in den Raum, welchen der andere 16 □ Zoll weite Stempel verläßt. Da aber der letztere 16 □ Zoll weit ist, so müssen erst 16 Kubikzoll Wasser eintreten, ehe er einen Zoll weit vorrückt. 1 Kubikzoll treibt ihn nur durch $^1/_{16}$ Zoll. Es legt also die durch die 10 Pfund erzeugte Kraft von 160 Pfd. nur $^1/_{16}$ Zoll zurück, wenn die 10 Pfd. sich durch 1 Zoll bewegen.

§. 47. Man kann nach dem Vorhergehenden das Gesetz aussprechen, das bei Flüssigkeiten der Druck stets proportional der gedrückten Stelle wächst. Eine sehr wichtige Anwendung findet dieser Satz in der Brahma'schen Wasserpresse. Es ist, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, ganz gleichgültig, welche Form man dem Gefäße, worin die Flüssigkeit eingeschlossen ist, gibt, man kann also auch zwei durch eine enge Röhre C D verbundene Cylinder von ungleicher Weite a b und A B wählen, und in jedem derselben einen Stempel n und N anbringen, Fig. 39. Wird nun auf den Stempeln in dem kleinen Cylinder a b ein Druck durch das an dem Hebelarme e l befindliche Gewicht P ausgeübt, so muß wegen der Ausgleichung durch die Verbindungsröhre in beiden Cylindern der Druck auf gleich große Stellen gleich groß sein, also auf die beiden in den Cylindern befindlichen, ungleich großen Kolben im Verhältniß der Grundflächen derselben wirken. Nimmt man die Grundfläche des kleinen Cylinders zu 1 □ Zoll, und die des großen zu

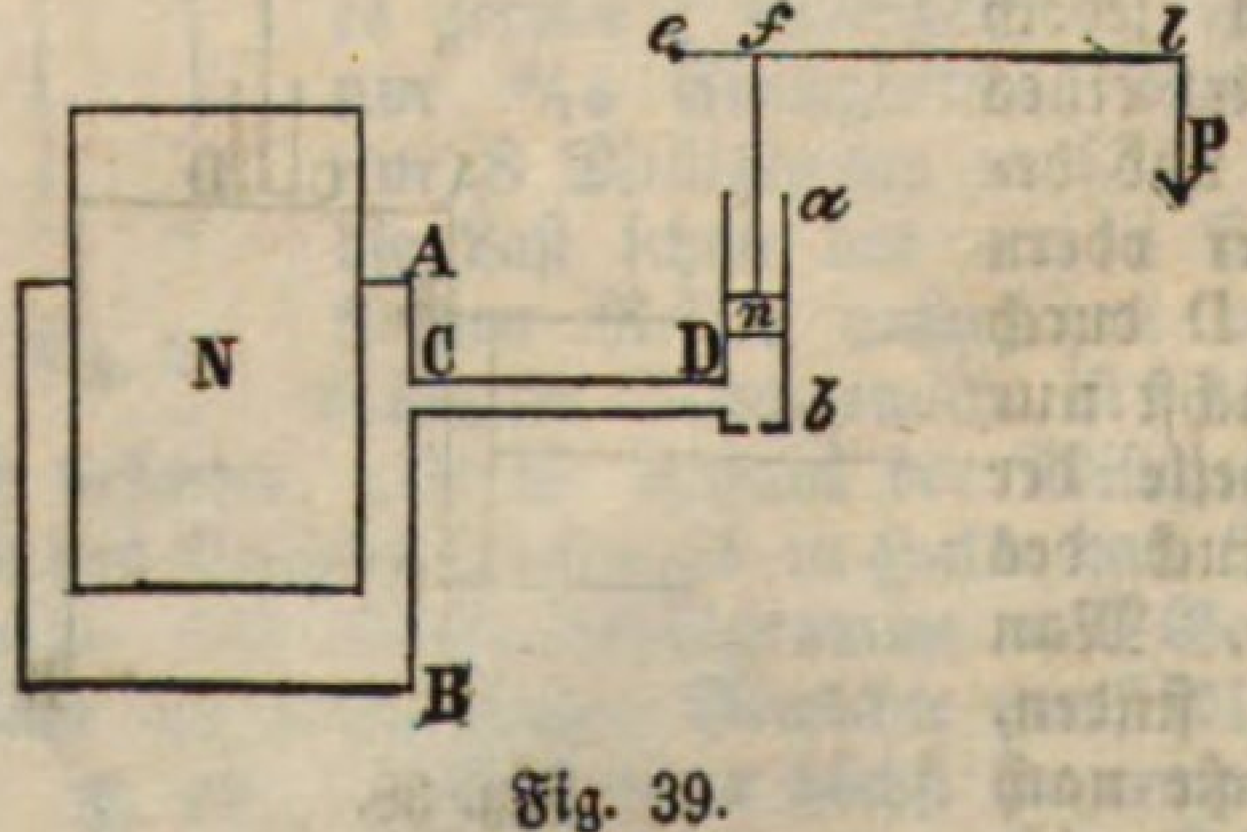


Fig. 39.

100 □ Zoll an, so wird ein auf den kleinen Stempel ausgeübter Druck von 1 Pfd. nur durch einen Druck von 100 Pfd. auf den andern Stempel im Gleichgewicht gehalten werden. Läßt man den Druck von 1 Pfd. nicht unmittelbar auf den Stempel des kleinen Cylinders wirken, sondern erst mittelst des einarmigen Hebels e l, dessen Arme e f und e l sich wie 1 : 10 zu einander verhalten, so erzeugt die Kraft von 1 Pfd., wenn sie an dem längern Hebelarme an der Stelle von P wirkt, einen Druck von 10 Pfd. auf den kleinen Stempel, und folglich von 1000 auf den großen. Um den großen Stempel immer höher zu treiben, muß sich der kleine Cylinder stets nach jedem Niedergange von Neuem mit Wasser füllen, und dasselbe in den großen Cylinder pressen. Der kleine Cylinder muß also mit seinem Kolben eine sogenannte Druckpumpe bilden, wie sie in dem folgenden Abschnitte näher beschrieben werden wird. Der Körper, welcher gepreßt werden soll, wird zwischen den Stempel N des weiten Cylinders und ein über demselben befindliches festes Gerüst gelegt.

§. 48. Körper, welche lose auf einer schiefen Ebene liegen, gleiten über dieselbe herab, und werden nur auf einer solchen Ebene ruhig liegen bleiben, welche horizontal ist, also gegen die Richtung der anziehenden Schwerkraft senkrecht steht. Denkt man sich auf der Oberfläche einer in einem Gefäße befindlichen Wassermasse einen Wasserberg, so liegen die äußeren Theile desselben auf einer schiefen Ebene, und müssen herabgleiten, da die einzelnen Theilchen unendlich verschiebbar sind. Dieses Herabgleiten der äußeren Theile wird so lange stattfinden, als noch Erhöhungen vorhanden sind. Nur wenn die Oberfläche eine gegen die Richtung der Schwere senkrechte Ebene bildet, wird Gleichgewicht vorhanden sein.

Da die Oberfläche der Flüssigkeit an allen Orten senkrecht gegen die Richtung der Schwere ist, so wird zwar die Oberfläche einer kleinen in einem Gefäße von unbeträchtlicher Weite eingeschlossenen Wassermasse als eine horizontale Ebene betrachtet werden können; die Oberfläche einer Wassermasse von der Größe der Erde wird dagegen eine Kugel bilden, da nur die Oberfläche der Kugel in allen Punkten senkrecht gegen die Richtung nach dem Mittelpunkte (gegen den Radius) steht. Deßhalb müßte auch die Erde, wenn sie still stände, und einst flüssig gewesen wäre, eine vollständige Kugel bilden.

Wirken jedoch außer der Schwerkraft noch andere Kräfte auf die Theilchen des Wassers, so wird seine Oberfläche nicht mehr senkrecht gegen die Richtung der Schwere, sondern senkrecht gegen die Richtung der Resultirenden aus allen diesen Kräften sein. Da die Erde nicht still steht, so entsteht durch die Axendrehung derselben, wie später gezeigt werden wird, eine Kraft (Centrifugalkraft), welche jeden Körper in einer Ebene, welche auf der Umdrehungsaxe senkrecht steht, zu entfernen sucht; die Oberfläche der Meere muß also senkrecht auf der Resultirenden aus der Schwere und aus der Centrifugalkraft stehen. Die einst flüssige Erde konnte also keine Kugel, sondern nur ein an den Polen abgeplattetes Ellipsoid werden. — Die Anziehung des Mondes und der Sonne auf das Wasser bildet ebenfalls eine Kraft, welche mit den vorhin genannten Kräften verbunden werden muß. Durch diese Einwirkung des Mondes und auch der Sonne entsteht die Ebbe und Fluth im Meere.

§. 49. In einer ruhig stehenden Wassermasse werden alle Theilchen gleichmäßig in der Richtung von oben nach unten durch die Schwere gezogen. Die obere Schicht theilt nun die erlittene Anziehung der nächsttiefern als Druck mit u. s. f., so daß eine Stelle des Bodens einen Druck

auszuhalten hat, welcher der darüber befindlichen Wassersäule entspricht. Ist das Gefäß ein grader Cylinder A B C D, Fig. 40, so wird der Boden C D mit einer Kraft gedrückt werden, welche gleich ist dem Gewichte des im Cylinder befindlichen Wassers, also dem Gewichte einer Wassersäule, deren Grundfläche der Boden C D und deren Höhe die Entfernung vom Boden bis zum Wasserspiegel A C ist. Erweitert sich das Gefäß von unten nach oben, E C D F, während die Größe des Bodens und die Höhe des Wasserstandes dieselbe bleibt, so wird auch der Bodendruck unverändert derselbe bleiben. Das Gefäß enthält zwar jetzt mehr Wasser als vorhin, aber der durch das Gewicht der oberen Wasserschichten auf eine der untern ausgeübte Druck wird deßhalb doch nicht größer, weil er sich proportional der Fläche verringert. In jedem Querschnitte eines ganz beliebigen Gefäßes ist der Druck auf eine gleich große Stelle derselbe, wenn nur diese Stelle gleich tief unter der Oberfläche des Wassers liegt. Dasselbe findet natürlich auch statt in einem Gefäße, das sich nach oben hin verengert G C D H; es ist der Druck auf dem Boden noch eben so groß, als in einem genau cylindrischen von gleichem Querschnitte mit dem Boden. In einem solchen nach oben sich verengernden Gefäße ist mithin der Druck auf den Boden größer, als das Gewicht der in dem Gefäße enthaltenen Wassermasse.

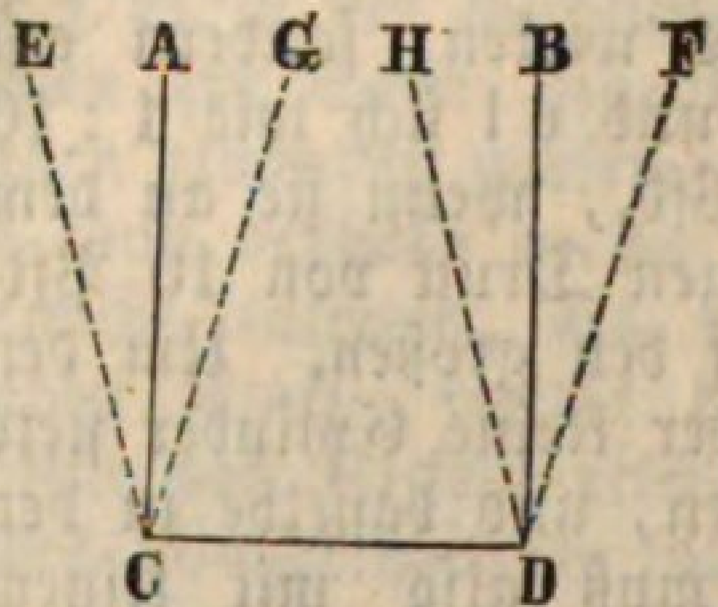


Fig. 40.

§. 50. Die zuletzt erwähnte Erscheinung läßt sich sehr vortheilhaft zur Herstellung eines Apparats, der sogenannten Real'schen Wasserpresse, Fig. 41, benutzen. Sie besteht aus einem Cylinder A C D B, der über seinem gewöhnlichen Boden C D einen siebartig durchlöcherten zweiten Boden E F enthält; auf diesen letztern wird diejenige Substanz gebracht, welche z. B. durch Wasser ausgezogen werden soll. Damit das Wasser sie aber gehörig durchdringe, und nicht um die einzelnen Stücke derselben herumfließe, wird dieselbe mittelst eines siebartig durchlöcherten Deckels G H fest zusammengeschraubt. Die obere Oeffnung des Cylinders wird durch einen mit einer Schraube versehenen Deckel A B, der in der Mitte eine sehr lange, enge, oben trichterförmig erweiterte Röhre L M trägt, wasserdicht verschlossen. Wenn man nun diese enge Röhre (und dadurch zugleich den obern Theil des Cylinders) mit Wasser füllt, so übt die geringe in der Röhre enthaltene Wassermasse auf die unterste, über der auszuziehenden Substanz befindliche Wasserschicht einen Druck aus, welcher gleich ist dem Gewichte einer vertikalen Wassersäule, welche den Querschnitt des Cylinders zur Grundfläche, und die Höhe des Wasserstandes in der engen Röhre zur Höhe hat; es werden also alle über der zu extrahirenden Substanz befindlichen Wassertheilchen gleich stark gedrückt, und können die zusammengepreßte Substanz durchdringen. Die hindurchgedrungenen Wassertheilchen sammeln sich mit den auszuziehenden Substanzen gesättigt, über dem äußern Boden C D an, und werden durch einen Hahn D abgelassen.

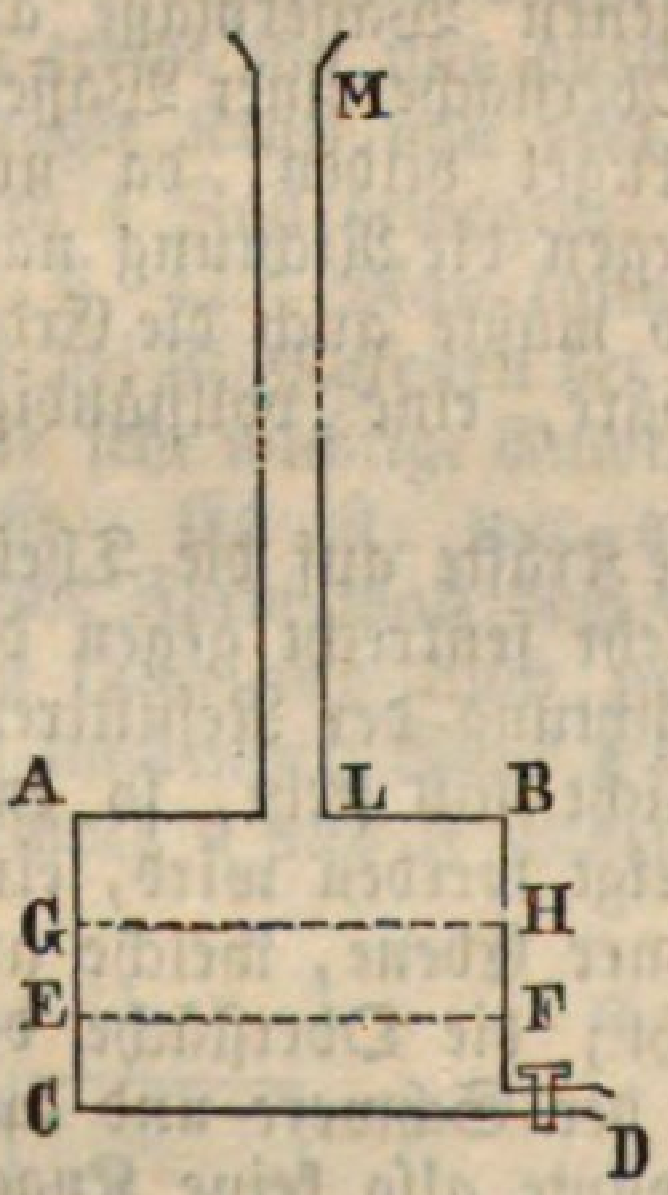


Fig. 41.

§. 51. In einem Gefäße erleidet aber nicht bloß der Boden, sondern auch die Seitenwand einen Druck, der leicht zu bestimmen ist. Die oberen Theile der Seitenfläche werden offenbar viel weniger gedrückt, als die unteren, und zwar nimmt der Druck nach unten hin proportional mit der Tiefe unter dem Spiegel der Flüssigkeit zu. Hat man z. B. ein würfelförmiges Gefäß völlig mit Wasser gefüllt, und denkt sich die eine Seitenfläche in sehr dünne horizontale Schichten zertheilt, so werden die unterste und die oberste Schicht zusammengenommen im Mittel einen Druck erfahren, wie ihn die gerade in der Mitte der Fläche liegende Schicht erleidet. Dasselbe gilt auch von denjenigen beiden Schichten zusammengenommen, welche der untersten und obersten zunächst liegen u. s. f., so daß also die ganze Fläche im Mittel einen Druck erhält, wie ihn der Durchschnittspunkt der beiden Diagonalen (der Schwerpunkt der Fläche) erleidet. Der gesammte Seitendruck auf eine Seitenfläche dieses Gefäßes ist also so groß, wie das Gewicht einer Wassersäule, deren Grundfläche die betrachtete Fläche, und deren Höhe gleich ist der Entfernung vom Schwerpunkte dieser Fläche bis zum Wasserspiegel, er ist folglich in diesem Falle nur halb so groß, als der Bodendruck in demselben Gefäße. Man sieht die Wirkung dieses Seitendruckes sich durch eine hervorgebrachte Bewegung äußern in dem sogenannten Segner'schen Wasserrade (s. später).

§. 52. Das Wasser befindet sich nach §. 48 in einem Gefäße von gewöhnlichen Dimensionen im Gleichgewicht, wenn seine Oberfläche horizontal ist, M N Fig. 42. Ist aber ein Körper oder ein System von Körpern im Gleichgewicht, so wird an diesem Gleichgewicht nichts geändert, wenn man sich einen oder mehrere Punkte darin befestigt denkt. Es wird folglich auch in dem eben angeführten Gefäße das Gleichgewicht nicht gestört werden, wenn man sich beliebige feste Scheidewände in der Masse denkt. Jeder Punkt dieser Scheidewände erleidet von beiden Seiten einen gleichen Druck. Wählt man die eingesetzten Wände von solcher Stärke, daß sie dem Drucke des Wassers von der einen Seite her vollkommen widerstehen können, so wird man den Druck auf der andern Seite, und also auch das Wasser auf der andern Seite hinwegnehmen können, ohne das Gleichgewicht zu stören.

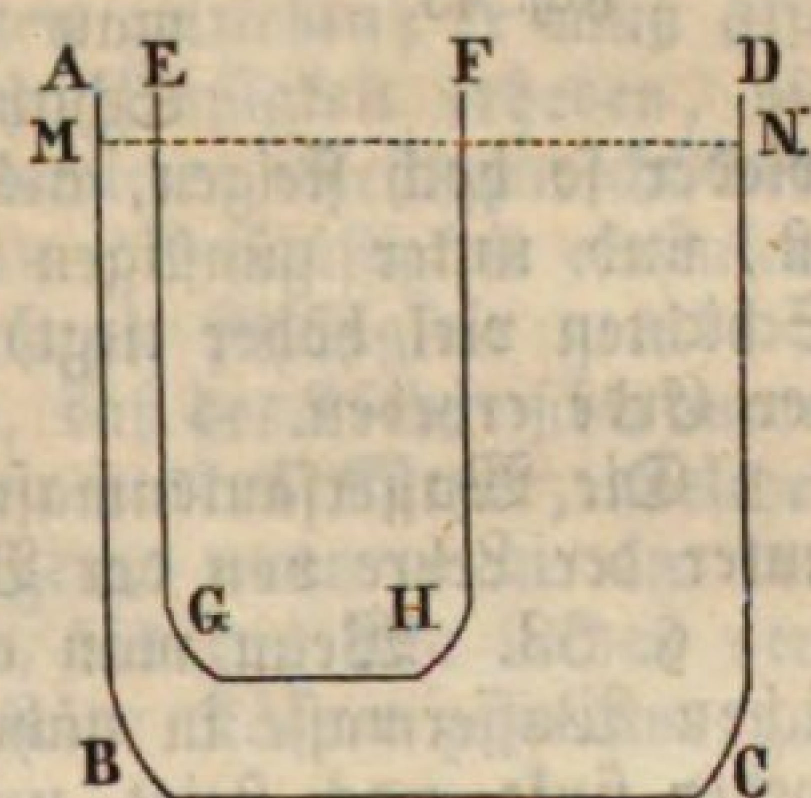


Fig. 42.

Wird also eine Wand E G H F von der in der Fig. 42 angegebenen Form in das Gefäß A B C D eingesetzt, so kann man die innerhalb dieser Wände enthaltene Flüssigkeit verschwunden denken, sobald nur die Wände den Druck aushalten, ohne daß das Gleichgewicht gestört wird. Es wird das Wasser nach wie vor mit horizontaler Oberfläche stehen, und zwar auf beiden Seiten in M und N gleich hoch. Durch die Einsetzung der Wände sind aber zwei unten mit einander zusammenhängende, sogenannte communicirende Röhren entstanden; der Wasserspiegel in beiden liegt in derselben horizontalen Ebene.

In communicirenden Röhren steht also eine und dieselbe Flüssigkeit gleich hoch, wie sehr auch die Röhren in der Weite verschieden sind, denn die vorhin angebrachten Scheidewände waren ganz beliebig (nur dürfen dieselben nicht so eng sein, daß eine andere Classe von Erscheinungen, die später als Haarröhrchenanziehung oder Capillar-Attraction näher erörtert werden, einen sichtbaren Einfluß äußern kann).

Diese Eigenschaft der communicirenden Röhren gewährt ein sehr einfaches Mittel, um eine horizontale Linie zu bestimmen. Nimmt man eine zweischenklige Glasröhre, füllt die Krümmung und einen Theil der Schenkel mit Wasser oder Quecksilber, so ist die Gesichtslinie, welche beide Flüssigkeitsspiegel berührt, horizontal.

Auf dem Gesetze der communicirenden Röhren beruhen auch der Springbrunnen, und die sogenannten artesischen Brunnen. Ersterer besteht aus zwei ungleichen langen Schenkeln, A B und C D Fig. 43, in deren längern das Wasser eingegossen wird. Am Ende A des kürzern findet sich eine enge Oeffnung. Die Wassersäule A B im kürzern Schenkel hält einem gleich langen im längern Schenkel C E das Gleichgewicht; es bleibt also noch der Druck einer Wassersäule übrig, deren Höhe der Unterschied der beiden Schenkel E D ist. Dieser Druck treibt folglich das Wasser aus der engen Oeffnung im kürzern Schenkel, und würde es eben so hoch heben, als es im längern Schenkel steht, wenn nicht Reibung an den Wänden der Röhre und Widerstand in der Luft hinderten.

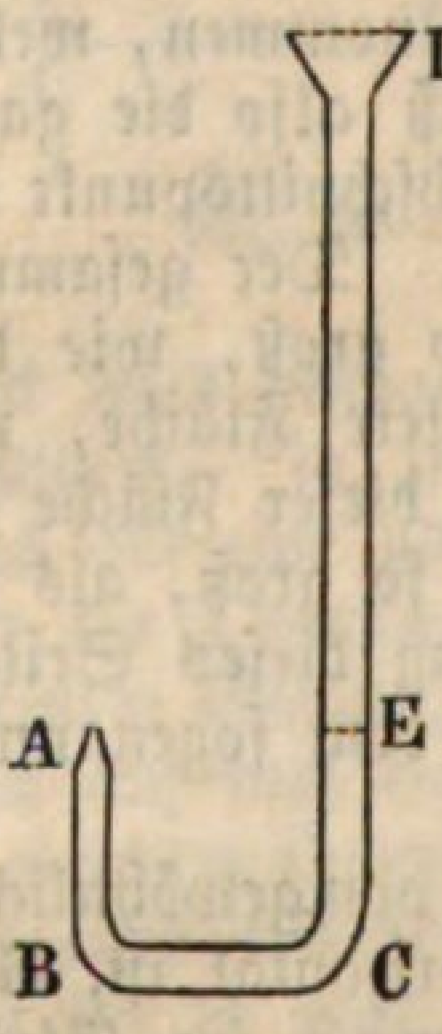


Fig. 43.

Die artesischen Brunnen sind gewissermaßen künstliche Springbrunnen. Wenn Gebirgsmassen geschichtet sind, und diese Schichten nicht horizontal liegen, wenn ferner zwischen diese Schichten das aus der Atmosphäre als Regen niedergefallene Wasser eindringen kann, und man bohrt an einer tiefer liegenden Stelle in diese Schichten ein Loch, so wird das Wasser in demselben wieder so hoch steigen, als es zwischen den Schichten des Gesteines gefallen ist, und unter günstigen Umständen (wenn die Eintrittsstelle zwischen den Schichten viel höher liegt), noch in einem Strahle sich über die Oberfläche der Erde erheben.

Die Wassersäulenmaschinen beruhen auf demselben Princip (s. später unter der Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten).

§. 53. Wenn man einen beliebigen Theil der in einem Gefäße befindlichen Wassermasse in nähere Betrachtung zieht, so ergibt sich, daß derselbe weder sinkt, noch steigt, und also sein ganzes Bestreben, zur Erde zu fallen, verloren hat. Eine rings von Wasser eingeschlossene Wassermasse verliert also ihr ganzes Gewicht. Dasselbe wird aber auch jedem andern Körper geschehen, der in eine Flüssigkeit eingetaucht wird; der Körper wird in der Flüssigkeit stets so viel an seinem Gewichte verlieren, als die von ihm verdrängte Flüssigkeit wiegt.

Man kann sich von der Richtigkeit dieses letzten Satzes auch noch auf eine andere Weise überzeugen. Denkt man sich den Körper A, Fig. 44, in so dünne vertikale Prismen zerlegt, daß man ihre beiden Endflächen als horizontal ansehen kann, so erleidet das untere Ende eines solchen Prismas b durch die Wasserhöhe d b einen Druck von unten nach oben, und das obere c durch die Wasserhöhe d c einen Druck von oben nach unten. Nun liegt aber b um die Größe c b tiefer als c, und erleidet deßhalb einen der Höhe c b entsprechenden größern Druck. Der durch die Höhe c b erzeugte Druck ist aber gleich dem Gewichte einer Wassersäule von der Höhe c b (also der Höhe des Prismas), und von dem

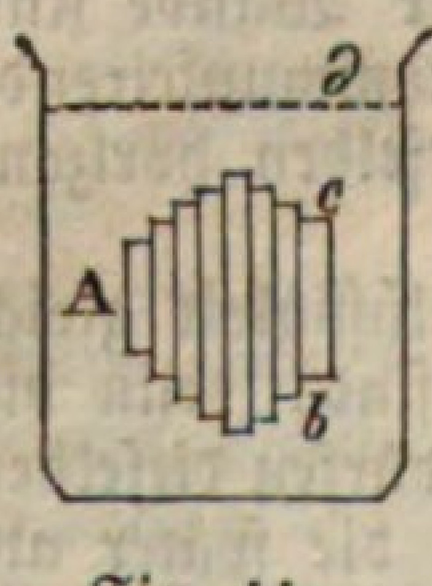


Fig. 44.

Querschnitte des Prismas, mithin gerade so groß, als das Gewicht der von dem kleinen Prisma verdrängten Wassermaße. Was aber von dem einen der kleinen vertikalen Prismen gilt, gilt in gleichem Maße von allen übrigen, so daß sie zusammengenommen, d. h. der ganze Körpergrade so viel an Gewicht verlieren, als die gesammte verdrängte Wassermasse wiegt.

§. 54. Es können, wenn ein Körper in eine Flüssigkeit eingetaucht wird, drei verschiedene Fälle stattfinden. Entweder wiegt der Körper gerade so viel, als die von ihm verdrängte Flüssigkeit, oder er wiegt mehr, oder er wiegt weniger als eine gleich große Flüssigkeitsmasse. Ist das Erste der Fall, so verliert der Körper durch das Eintauchen sein ganzes Gewicht, und muß an jeder Stelle der Flüssigkeit, wo man ihn hinstellt, ruhig stehen bleiben; er wirkt grade ebenso wie eine gleich große Masse der Flüssigkeit; die ja auch durch ihr Gewicht ihren Ort nicht verlassen kann. — Findet aber der zweite Fall statt, ist der Körper also schwerer als die von ihm verdrängte Flüssigkeit, so verliert er ebenso viel am Gewichte, als das gleiche Volumen der Flüssigkeit wiegt, und sinkt mit dem Ueberschusse seines Gewichtes über das der verdrängten Flüssigkeit zu Boden. Wenn also ein solcher Körper erst auf die gewöhnliche Weise in der Luft gewogen, dann aber in die Flüssigkeit eingetaucht, und noch in derselben befindlich, wieder gewogen wird, so wird er bei der zweiten Wägung gerade so viel weniger wiegen, als das von ihm verdrängte Volumen Flüssigkeit wiegt. — Ist drittens der Körper leichter als das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit, so wird er, ganz in das Wasser eingetaucht, durch den Druck des Wassers stärker nach oben als durch sein Gewicht nach unten getrieben; er muß also in die Höhe steigen, und zum Theil sich über die Flüssigkeit erheben, bis zwischen dem Drucke der Flüssigkeit und seinem Gewichte Gleichgewicht hergestellt ist. Der Körper wird also nur so tief in die Flüssigkeit einsinken, bis die von einem Theile seines Volumens verdrängte Flüssigkeit gerade so viel wiegt, wie der ganze Körper. Man sagt dann, daß der Körper schwimme. Mit Hülfe solcher leichten Körper kann man einen andern Körper, welcher schwerer ist als Wasser, zum Schwimmen bringen, wenn man an den schwerern Körper soviel von dem leichtern befestigt, bis das von beiden verdrängte Volumen Flüssigkeit mehr wiegt, als beide Körper zusammengenommen.

Da ein Volumen Meerwasser wegen des Salzgehaltes mehr wiegt, als ein gleiches Volumen destillirtes Wasser, so werden auf dem Meerwasser noch Körper schwimmen können, welche in reinem Wasser zu Boden sinken. Da ein Volumen Quecksilber beinahe doppelt so schwer ist, als ein gleiches Volumen Eisen, so wird Eisen auf Quecksilber schwimmen, und wie hinzugefügter Kork das Eisen auf Wasser schwimmen macht, so kann man durch Eisen das Platin im Quecksilber zum Schwimmen bringen, während Platin für sich allein in demselben untersinkt.

§. 55. Es wurde früher derjenige Punkt eines Körpers gesucht, durch welchen die Resultirende der auf ihn wirkenden Kräfte der Schwere in jeder Lage des Körpers ging, und Schwerpunkt genannt; in ihm konnte man sich das ganze Gewicht des Körpers als eine einzige Kraft angebracht denken. Ebenso wird man für den Druck, den das Wasser auf alle Punkte eines eingetauchten Körpers von unten nach oben ausübt, da diese Drucke einander parallel sind, eine einzige Resultirende finden können. Da der gesammte Druck auf gleiche Weise und mit gleicher Stärke von unten nach oben, wie

die verdrängte Wassermasse von oben nach unten wirkt, so wird diese Resultirende durch den Schwerpunkt der verdrängten Wassermasse gehen müssen. Man braucht also, wenn ein Körper in Wasser gelegt wird, nur die beiden Kräfte, das Gewicht des Körpers in seinem Schwerpunkte von oben nach unten, und das Gewicht der verdrängten Wassermasse in ihrem Schwerpunkte von unten nach oben, zu betrachten, um über den Erfolg des Eintauchens Rechenschaft geben zu können. Ist der Körper überall gleichartig oder wenigstens überall gleich dicht, und man taucht denselben völlig in Wasser unter, so fällt sein Schwerpunkt mit dem Schwerpunkte der verdrängten Wassermasse, welche ja ebenfalls eine gleichartige Masse ist, zusammen, es wirken also in der durch diesen Punkt gehenden vertikalen Linie zwei Kräfte, das Gewicht des Körpers nach unten und das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit als Druck nach oben. Soll nun der Körper in der Lage, in welcher er untergetaucht wurde, ruhig stehen bleiben, wenn man ihn aus der Hand frei läßt, so ist nur noch nöthig, daß sein Gewicht ebenso groß ist, als das Gewicht der verdrängten Wassermasse; es wirken dann in dem gemeinschaftlichen Schwerpunkte zwei gleiche und entgegengesetzte Kräfte, welche sich gegenseitig aufheben.

§. 56. Ist der Körper nicht überall aus einer gleich dichten Masse angefertigt, so kann man ihn wohl zum Schweben in der Flüssigkeit bringen, wenn man sein Gewicht gerade so groß als das Gewicht der verdrängten Wassermasse macht. Da aber sein Schwerpunkt nicht mit dem Schwerpunkte der verdrängten Wassermasse zusammenfällt, so ist der Angriffspunkt seines Gewichts ein anderer, als der Angriffspunkt des Druckes von unten nach oben (oder des Gewichtes der verdrängten Wassermasse). Der Körper wird nur dann ruhig stehen bleiben, wenn beide Angriffspunkte in einer und derselben vertikalen Linie liegen, also wenn der Schwerpunkt des Körpers über oder unter dem Schwerpunkte der verdrängten Wassermasse liegt. Im ersten Falle ist der Körper nur in einem labilen, im zweiten dagegen, wo sein Schwerpunkt die möglichst tiefste Lage angenommen hat, in einem stabilen Gleichgewichte; im ersten Falle wird der Körper bei der geringsten Verrückung aus der angegebenen Lage gänzlich umschlagen, im zweiten dagegen nach einer Verrückung pendelartig hin- und herschwingend zur ursprünglichen Lage wieder zurückkehren. Bedeutet A, Fig. 45 und 46, eine Kugel von Holz, welcher man durch auf der einen Seite b eingegossenes Blei ein Gewicht ertheilt hat, das genau gleich dem Gewichte der verdrängten Wasserkugel ist, so wird dieselbe im Wasser schweben; ihr Schwerpunkt fällt aber wegen des Bleies außerhalb ihres Mittelpunktes nach c, während der Druck des Wassers durch den Kugelmittelpunkt d geht. Es wirken also in c und d zwei gleiche, entgegengesetzt gerichtete parallele Kräfte, welche nach §. 22 keine Fortbewegung, sondern nur eine Drehung erzeugen. In Folge dessen sinkt die Seite b (in Fig. 46) herab, bis sie in die Lage b (in Fig. 45) kommt; dann hat c seinen tiefsten Punkt erreicht, die beiden Kräfte wirken in d und c in derselben vertikalen Linie, und heben sich, da sie gleich sind, gegenseitig auf.

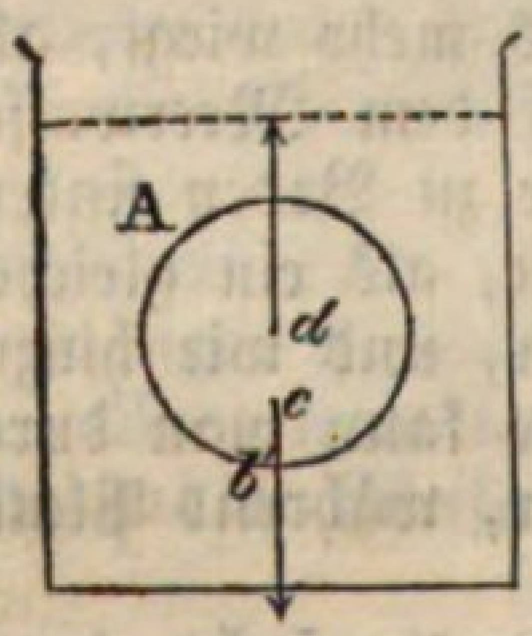


Fig. 45.

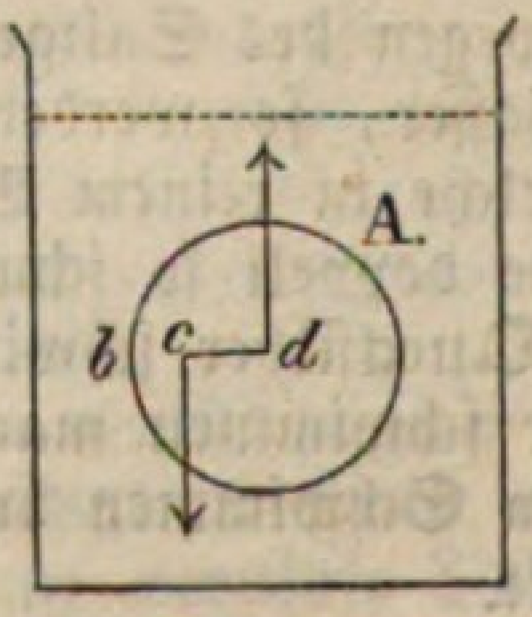


Fig. 46.

Wenn ein Körper auf dem Wasser schwimmt, so muß sein Schwerpunkt

ebenfalls mit dem Schwerpunkte der verdrängten Wassermasse in einer und derselben Vertikalen liegen; damit er aber im stabilen Gleichgewicht sei, ist nicht nöthig, daß sich sein Schwerpunkt stets unterhalb des Schwerpunktes der verdrängten Wassermasse befinde. Es genügt, wenn er unterhalb eines andern Punktes liegt, welcher den Namen des Metacentrums führt, dessen nähere Bestimmung aber in die eigentliche Mechanik gehört.

§. 57. In dem Vorhergehenden sind wiederholt die Gewichte gleicher Volumina von verschiedenen Körpern mit einander verglichen worden; es wird sich aus denselben ein Mittel ableiten lassen, um die Dichtigkeiten und die specifischen Gewichte der Körper mit Genauigkeit zu bestimmen.

Sehr häufig werden die beiden Begriffe der Dichtigkeit und des specifischen Gewichtes mit einander verwechselt, und in allen Fällen wo es nur auf Verhältnisse ankommt, ist es in der That gleichgültig, ob man den einen oder den andern gebraucht, da die Dichtigkeiten dem specifischen Gewichte proportional sind. Specifisches Gewicht ist das Gewicht der Einheit des Volumens, also eine benannte Zahl (Centner, Pfunde, Loth u. s. w.); die Dichtigkeit gibt aber an, wie oft ein Körper schwerer ist als ein gleich großes Volumen eines bestimmten als Norm angenommenen Körpers, sie wird also durch eine unbenannte Zahl ausgedrückt. Wird z. B. die Dichtigkeit des Wassers = 1 gesetzt, so ist die Dichtigkeit des Quecksilbers 13,56, d. h. das Quecksilber ist 13,56 mal schwerer, als das Wasser. Wird für die Bestimmung des specifischen Gewichtes der preußische Cubikfuß als Einheit genommen, so ist das specifische Gewicht des Wassers (d. h. das Gewicht eines Cubikfußes Wasser) = 66 preußische Pfund, das specifische Gewicht des Quecksilbers aber 13,56 × 66 Pfund.

Bedeuten S und s die specifischen Gewichte zweier Körper, D und d ihre Dichtigkeiten, so verhält sich allgemein $S : s = D : d$. Bedeutet aber s und d das specifische Gewicht und die Dichtigkeit des Wassers, so hat man, wenn dessen Dichtigkeit $d = 1$ gesetzt wird, $S : s = D : 1$, oder

$$S = s\,D, \text{ und } D = \frac{S}{s}$$

d. h. man findet das specifische Gewicht eines Körpers, wenn man seine Dichtigkeit mit dem specifischen Gewichte des Wassers multiplicirt, und findet die Dichtigkeit eines Körpers, wenn man sein specifisches Gewicht durch das specifische Gewicht des Wassers dividirt.

Ist das specifische Gewicht eines Körpers S, und sein Volumen = V, d. h. mißt er V Cubikfuß und wiegt ein Cubikfuß S (wenn dieser zur Einheit genommen wird), so wiegt ein solcher Körper V S. Bezeichnet P dieß sogenannte absolute Gewicht, so ist $P = V\,S$. Bedeutet P', S', V', der Reihe nach das absolute, das specifische Gewicht und das Volumen eines andern Körpers, so ist $P' = S'\,V'$. Es verhält sich folglich $P : P' = S\,V : S'\,V'$, d. h. die absoluten Gewichte zweier Körper verhalten sich wie die Produkte aus ihren specifischen Gewichten in das Volumen. Haben zwei Körper gleich große specifische Gewichte, ist $S = S'$, so kann man in vorstehender Proportion das zweite Verhältniß durch $S = S'$ dividiren, und erhält $P : P' = V : V'$ d. h. die absoluten Gewichte zweier Körper verhalten sich bei gleichem specifischen Gewichte wie die Volumina. Haben zwei Körper aber gleiches Volumen, ist also $V = V'$, so erhält man, wenn man das zweite Verhältniß der ersten obiger Proportionen mit $V = V'$ dividirt, die Proportion $P : P' = S : S'$, d. h. bei gleichem Volumen verhalten sich die absoluten Gewichte zweier Körper, wie ihre specifischen.

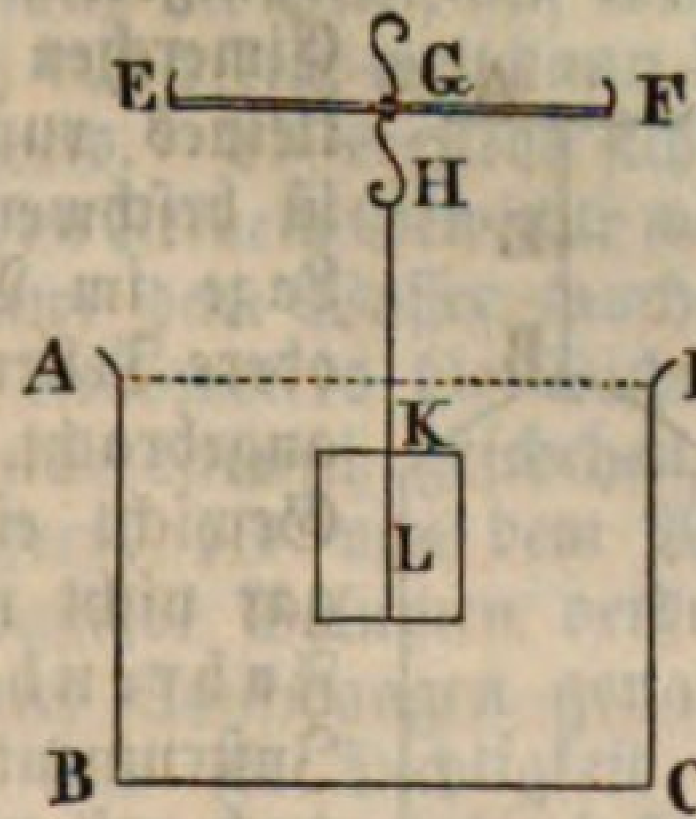
Da $P = V\,S$, und $P' = V'\,S'$, so ist, wenn zwei Körper gleiche

absolute Gewichte haben, also wenn $P = P'$, auch $V S = V' S'$, oder wenn man aus dieser Gleichung eine Proportion bildet $V : V' = S' : S$, d. h. bei gleichem absoluten Gewichte verhalten sich die Volumina zweier Körper umgekehrt wie die specifischen Gewichte.

§. 58. Bei gleichem Volumen zweier Körper verhält sich (nach §. 57) $P : P' = S : S'$. Nun sind aber die specifischen Gewichte den Dichtigkeiten proportional, also $S : S' = D : D'$, wenn D und D' die Dichtigkeiten der beiden Körper bezeichnen. Folglich verhält sich auch unter derselben Bedingung des gleichen Volumens der beiden Körper $P : P' = D : D'$. Ist der zweite Körper Wasser, dessen Dichtigkeit $D' = 1$ gesetzt wird, so erhält man $P : P' = D : 1$ oder $D = \frac{P}{P'}$ d. h. man findet die Dichtigkeit eines Körpers, wenn man das Gewicht desselben durch das Gewicht eines gleich großen Volumens Wasser dividirt. Ist aber die Dichtigkeit eines Körpers bekannt, so findet man sein specifisches Gewicht S, wenn man seine Dichtigkeit D mit dem specifischen Gewichte s des Wassers multiplicirt. (§. 57.)

Hierauf gründet sich nun eine sehr einfache und genaue Methode, die Dichtigkeit und das specifische Gewicht eines Körpers zu bestimmen. Soll zunächst die Dichtigkeit eines festen Körpers bestimmt werden, so wiegt man den gegebenen Körper erst auf einer gewöhnlichen Waage, und dann noch ein Mal, während derselbe in Wasser eingetaucht ist. Um dieses letztere auszuführen, hängt man die gewöhnliche Waagschaale ab, und bringt an ihre Stelle einen kleinen, unten und oben mit einem Haken versehenen Teller E F (Fig. 47). Der obere Haken G dient zum Aufhängen an den Bügel, an welchem vorher die Waagschaale hing; der untere H dagegen zur Befestigung eines sehr dünnen Platindrahts H K oder eines Pferdehaares, in welches der Körper L, dessen Dichtigkeit bestimmt werden soll, eingeschleift wird. Während der erwähnte Körper L nun mittelst des Drahtes oder Haares an der Waage hängt, wird er zugleich in ein Gefäß A B C D, das mit reinem destillirtem Wasser angefüllt ist, eingetaucht. Wird die Waage jetzt in's Gleichgewicht gesetzt, so wird der Körper im Wasser weniger wiegen als vorher in der Luft, und zwar nach dem Frühern gerade so viel weniger, als ein gleiches Volumen Wasser, das er verdrängt, wiegt. Zieht man also das Gewicht des Körpers im Wasser von dem Gewichte des Körpers in der Luft P ab, so gibt der Unterschied beider Gewichte das Gewicht eines gleich großen Volumens Wasser P'; dividirt man dann das Gewicht des Körpers in der Luft P durch diesen Gewichtsverlust im Wasser (oder durch das Gewicht des gleichen Volumens Wasser) P', so gibt der Quotient die Dichtigkeit des Körpers $D = \frac{P}{P'}$. Gesetzt der gegebene Körper sei ein Bergkrystall. Wiegt man ihn in der Luft, so sei sein Gewicht $P = 7{,}229$ Grammen. Wird er im Wasser gewogen, so wiegt er noch 4,499 Grammen. Er hat also im Wasser verloren 2,730; so viel wiegt das verdrängte Wasser, oder ein dem Körper gleiches Volumen. 7,229 dividirt durch 2,730 gibt die Dichtigkeit des Bergkrystalles $D = 2{,}648$.

§. 59. Ein ähnliches Verfahren kann aber auch dienen, um das specifische Gewicht oder die Dichtigkeit eines flüssigen Körpers zu bestimmen. Gesetzt man soll die Dichtigkeit eines gegebenen Alkohols bestimmen. Wenn man die im §. 58. gemachten Wägungen so eben ausgeführt hätte, so könnte man sie jetzt nochmals gebrauchen. Der Bergkrystall wog in der Luft 7,229, im Wasser dagegen nur 4,499. Füllt man das vorhin erwähnte Glas A B C D, Figur 47, worin man den Körper einsenkt, jetzt



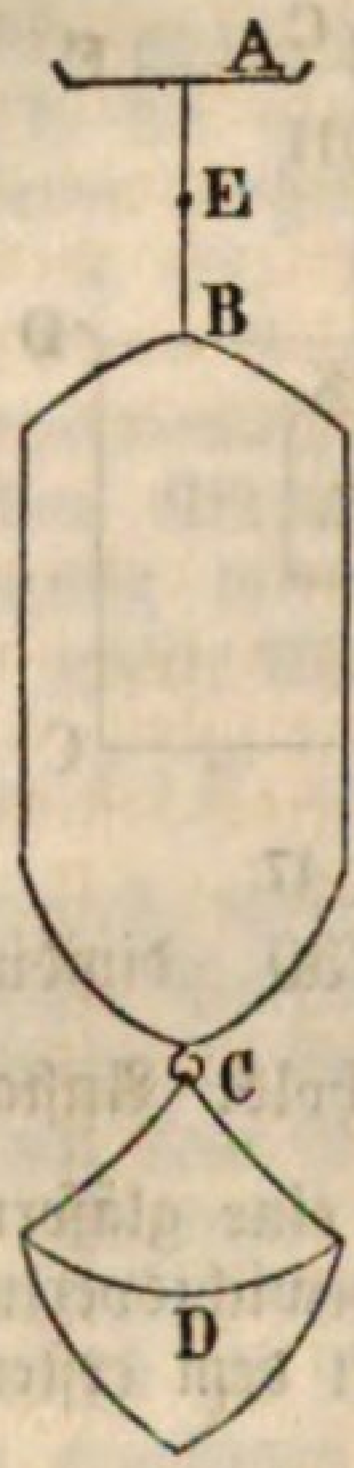
Figur 47.

mit dem gegebenen Alkohol, und läßt den Bergkrystall in diesen Alkohol ebenso eintauchen, wie vorher in das Wasser, so findet man, wenn man die Waage in's Gleichgewicht bringt, daß der Bergkrystall im Alkohol noch 4,936 Grammen wiegt. Der Bergkrystall hat also in dem gegebenen Alkohol nur 2,293 Grammen an seinem Gewichte verloren; so viel, also 2,293 Grammen wiegt folglich auch nur ein Volumen Alkohol, das so groß wie der Bergkrystall ist. Ein mit diesem gleiches Volumen Wasser wog aber 2,730. Man findet also die Dichtigkeit des Alkohols, wenn man sein Gewicht 2,293 durch das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser 2,730 dividirt, $\frac{2,293}{2,730} = 0,838$; so groß ist die Dichtigkeit des gegebenen Alkohols. Anstatt des Bergkrystalles kann natürlich jeder andere Körper, z. B. eine gläserne Kugel, angewendet werden. Man bestimmt jedes Mal den Gewichtsverlust des Körpers im Wasser und dann im Weingeist, und dividirt mit dem erstern in den letztern.

Das Gewicht gleicher Volumina von Flüssigkeiten läßt sich aber auch noch auf eine andere Weise bestimmen. Man wiegt eine gläserne Flasche, welche mit einem wohleingeschliffenen Glasstöpsel, oder mit einem sorgfältig aufgeschliffenen Glasdeckel versehen ist, sehr sorgfältig, füllt dieselbe dann mit Wasser und verschließt sie mit dem Stöpsel oder dem Deckel. Jetzt wiegt man die mit Wasser gefüllte Flasche wieder, und erhält, wenn man von dem letzten Gewichte das Gewicht der leeren Flasche abzieht, das Gewicht des in der Flasche enthaltenen Wassers. Man entleert die Flasche, füllt sie mit der Flüssigkeit, deren Dichtigkeit bestimmt werden soll, also z. B. mit Alkohol, und verschließt sie sorgfältig auf gleiche Weise wieder, damit die Flasche jetzt ein ebenso großes Volumen Alkohol, als vorher Wasser fasse. Darauf wiegt man die mit Alkohol gefüllte (und außen sorgfältig abgetrocknete) Flasche von Neuem, und zieht von ihrem jetzigen Gewichte das Gewicht der leeren Flasche ab; der Rest gibt das Gewicht des in der Flasche enthaltenen Alkohols. Das Wasser und der Alkohol, welche bei beiden Wägungen sich in der Flasche befanden, haben aber ein genau gleiches Volumen (nämlich das Volumen der Flasche), die erhaltenen Gewichte des Wassers und des Alkohols sind folglich die Gewichte gleicher Volumina von Wasser und von Alkohol; dividirt man also das Gewicht des Alkohols durch das Gewicht des Wassers, so gibt der Quotient die Dichtigkeit des Alkohols. Wiegt z. B. die leere Flasche 50,725 Grammen, die mit Wasser gefüllte Flasche 106,998 Grammen, die mit Alkohol gefüllte 89,548 Grammen, so wiegt das in der Flasche enthaltene Wasser 46,273 Grammen, und der in derselben enthaltene Alkohol 38,823 Grammen. Die Dichtigkeit des Alkohols findet man $\frac{38,823}{46,273} = 0,839$, also wie vorhin.

§. 60. Ein sehr bequemes Mittel, um die Dichtigkeit fester Körper zu bestimmen, bietet das sogenannte Nicholson'sche Aräometer dar, das auch zugleich als eine gewöhnliche Waage, namentlich auf Reisen, wo man keine feine Waage mit sich führen mag, gebraucht werden kann. Es besteht das Nicholson'sche Aräometer, Figur 48, aus einem cylindrischen, oder auch wohl nach unten sich zuspitzenden hohlen

Körper von Messingblech B C, der unten ein mit etwas Blei beschwertes Eimerchen D und oben auf einem dünnen Stäbchen ein kleines rundes Tellerchen A trägt. Das untere Eimerchen ist beschwert, damit das ganze Instrument stets in vertikaler Lage im Wasser schwimmt. An dem Stäbchen, welches das obere Tellerchen trägt, ist ein Strich E, oder sonst eine Marke angebracht. Um mittelst dieses Instrumentes das absolute Gewicht eines Körpers zu finden, ist das untere Eimerchen gar nicht nöthig, und in dieser Gestalt wurde es zuerst von Fahrenheit gebraucht. Beim Gebrauche setzt man das Instrument in's Wasser; es schwimmt dann und hebt sich noch mit einem Theile des cylinder- oder kegelförmigen Theiles aus dem Wasser heraus. Man legt nun Gewichte auf das obere Tellerchen A, bis daß das Instrument bis an den auf dem Stäbchen gemachten Strich E in's Wasser einsinkt. Jetzt wiegt das Instrument sammt den darauf liegenden Gewichten gerade so viel, als von dem bis an den Strich eingetauchten Instrumente Wasser verdrängt wird. Legt man dann den Körper, dessen absolutes Gewicht bestimmt werden soll, auf den obern Teller, so wird das Instrument noch tiefer einsinken; man nimmt deßhalb von dem obern Tellerchen wieder so viel Gewichte hinweg, bis das Instrument von Neuem bis an den vorhin erwähnten Strich E einsinkt. Das Instrument hat jetzt mit dem auf dem Teller liegenden Gewichte und Körper gerade dasselbe Gewicht, wie vorhin mit den Gewichten allein, weil es jetzt wieder ein gleiches Quantum Wasser verdrängt. So viel man also an Gewicht hat hinwegnehmen müssen, so viel wiegt der hinzugelegte Körper. Gesetzt 8,273 Grammen senken das Instrument bis an den Strich ein, und man legt den oben erwähnten Bergkrystall hinzu, so wird man nur noch 1,044 Grammen hinzulegen dürfen, damit das Instrument bis an den Strich einsinke. Es wiegt also der aufgelegte Bergkrystall 7,229 Grammen.



Figur 48.

Nimmt man den Bergkrystall von dem obern Tellerchen, und legt denselben in das untere Eimerchen D in's Wasser, so wird man auf das Tellerchen 3,774 Grammen legen müssen, um das Aräometer bis an den Strich einsinken zu machen. Es wiegt also der Bergkrystall im Wasser noch 4,499 Grammen; er hat also im Wasser verloren 2,730 Grammen. Dieser Gewichtsverlust ist aber gleich dem Gewichte eines gleichen Volumens Wasser, und man findet die Dichtigkeit des Bergkrystalles $\frac{7,229}{2,730} = 2,648$.

Auch selbst die Dichtigkeit der Flüssigkeiten läßt sich mittelst des Nicholson'schen Aräometers bestimmen, wenn man zuvor das Gewicht des Aräometers auf einer gewöhnlichen Waage sehr genau bestimmt hat. Wiegt das Aräometer z. B. M Grammen, und muß man noch m Gramme auf das obere Tellerchen legen, um das Instrument in reinem Wasser bis an den Strich einzusenken, und m' Gramme, um dasselbe in einer andern Flüssigkeit z. B. in Alkohol bis an denselben Strich einzusenken, so wiegt das von dem eingetauchten Theile des Instrumentes verdrängte Wasser $M + m$ Grammen, dagegen der von demselben Theile verdrängte Alkohol $M + m'$ Grammen. Da $M + m$ und $M + m'$ nun die Gewichte zweier gleichen Volumina sind, so ist die Dichtigkeit des Alkohols $\frac{M + m'}{M + m}$.

Soll dieses Aräometer sehr empfindlich sein, so muß der Stiel, auf welchem der Strich als Marke für das Einsinken angebracht ist, dünn sein, weil dann durch denselben nur eine geringe Wassermenge verdrängt wird. Es versteht sich von selbst, daß man auf diesem Instrumente nur Körper von kleinem Gewichte wiegen kann; schwerere würden das ganze Instrument unter das Wasser tauchen.

§. 61. Will man mittelst des Nicholson'schen Aräometers die Dichtigkeit einer Flüssigkeit bestimmen, so kann dieß (§. 60) nur dadurch geschehen, daß man das Gewicht des Instrumentes soweit abändert, bis von dem Wasser und der zu untersuchenden Flüssigkeit ein und dasselbe Volumen verdrängt wird. Es gibt aber noch andere Aräometer (auch Senkwaagen genannt), bei welchen man das Gewicht unverändert läßt, und die Dichtigkeit einer Flüssigkeit aus dem mehr oder weniger tiefen Einsinken in dieselbe bestimmt. Diese Aräometer oder Senkwaagen, Figur 49, bestehen gewöhnlich aus einer gläsernen Röhre, an welcher auch wohl unten ein Cylinder und eine Kugel angeschmolzen ist; in dem untersten Theile des Instrumentes befindet sich ein schwerer Körper (Quecksilber oder Bleischrot), damit das Instrument beim Schwimmen in der Flüssigkeit stets vertikal steht. Die obere Glasröhre enthält eine Skale, welche auf Papier verzeichnet ist. Das Aräometer sinkt stets so tief ein, bis das von dem eintauchenden Theile verdrängte Wasser so viel wiegt, wie das ganze Aräometer, es wird folglich in eine schwerere Flüssigkeit weniger tief einsinken, als in eine leichtere.



Figur 49.

Der Punkt der Skale, bis zu welchem das Instrument in irgend einer Flüssigkeit einsinkt, muß nun entweder die Dichtigkeiten unmittelbar angeben, oder doch wenigstens solche Zahlen liefern, aus denen man mit Leichtigkeit die Dichtigkeit berechnen kann. Man muß also im Stande sein, eine solche Skale anzufertigen. Am einfachsten wird sich die Construction der Skale eines Aräometers ergeben, wenn man von dem Volumeter des Gay-Lussac ausgeht. Die Skale dieses Volumeters ist nämlich in gleiche Abtheilungen getheilt, während eine Skale, welche die Dichtigkeiten unmittelbar angibt, nur ungleiche Abtheilungen enthalten kann, wie sich später aus ihrer Construction ergeben wird. Eine Bedingung für die Eintheilung der Skale des Volumeters in gleiche Theile ist, daß die Röhre des Instrumentes einen vollkommenen Cylinder bildet.

§. 62. Um die Skale des sogenannten Volumeters von Gay-Lussac anzufertigen, läßt man das Instrument mit dem für die Skale bestimmten Papierstreifen in der Röhre (die oben noch offen ist) im Wasser schwimmen, und bezeichnet den Punkt, bis zu welchem es eingesunken ist, mit 100. Nimmt man nun das eingetauchte Volumen des Instrumentes oder, was dasselbe heißt, das Volumen des verdrängten Wassers = 100 an, so wird man auf der cylindrischen Röhre solche Theile abmessen können, welche gerade 1 betragen. Von der Zahl 100 nach unten hin wird man auf die Skale also 99, 98 u. s. f. in gleichen Abständen zu schreiben haben, und ebenso darüber hinaus 101, 102 u. s. w.; die Volumina der zwischen zwei auf einander folgenden Zahlen liegenden Röhrenstücke sind gleich groß, weil die Röhre als ein vollkommener Cylinder vorausgesetzt wurde. Bringt man das Instrument in eine Flüssigkeit von anderer Dichtigkeit, so wird es bis zu irgend einer der auf der Skale gemachten Abtheilungen einsinken; es sinkt z. B. in einem wasserhaltigen Alkohol bis 108 ein. Es werden dann von dem Alkohol 108 Theile verdrängt, und da das Gewicht des Instrumentes ungeändert geblieben ist, so wiegen erst 108 Theile dieses Alkohols so

viel als 100 Theile Wasser. Bei gleichem absoluten Gewichte verhalten sich aber nach §. 57 die specifischen Gewichte umgekehrt wie die Volumina, $S : S' = V' : V$, oder da die specifischen Gewichte den Dichtigkeiten proportional sind ($S : S' = D' : D$), so verhalten sich auch die Dichtigkeiten zweier Körper umgekehrt wie ihre Volumina, welche gleiches absolutes Gewicht haben, also $D : D' = V' : V$. Bezieht sich nun V' und D' auf das Wasser, so ist im vorliegenden Falle $V' = 100$, und $D' = 1$, folglich $D : 1 = 100 : V$ oder $D = \frac{100}{V}$. Sinkt das Instrument wie angenommen bis auf 108 in dem wasserhaltigen Alkohol ein, so ist $V = 108$, und also $D : 1 = 100 : 108$, oder die Dichtigkeit des gegebenen Alkohols $D = \frac{100}{108}$. Man findet also mittelst dieses Volumeters stets die Dichtigkeit der Flüssigkeit, wenn man 100 durch die Zahl desjenigen Punktes dividirt, bis zu welchem dasselbe in der zu bestimmenden Flüssigkeit einsinkt.

Es leuchtet aber ein, daß die Ausmessung des Volumens an einem so unregelmäßig geformten Körper, wie an dem untern Theile eines Aräometers, mit vielen Umständlichkeiten verbunden ist, und es ist deßhalb nöthig, in dem Folgenden einen Weg anzugeben, wie diese Ausmessung gänzlich vermieden werden kann. Da die Skale nur gleiche Theile enthält, so wird man nur noch die Lage eines einzigen Punktes zu wissen brauchen, um dann im Stande zu sein, die ganze Skale anzufertigen. Man läßt das Instrument, wie schon erwähnt, zuerst in destillirtes Wasser einsinken, und bezeichnet den Punkt der Skale, welcher der Oberfläche des Wassers entspricht, mit 100; dann läßt man das Instrument in eine andere Flüssigkeit einsinken, deren Dichtigkeit man vorher mittelst einer der früher angegebenen Methoden genau bestimmt hat. Es sey diese zweite Flüssigkeit z. B. ein Alkohol, dessen Dichtigkeit = 0,833, so entsteht die Frage: Welche Zahl entspricht dem Punkte der Skale, welcher sich beim Einsinken des Instrumentes in diese Flüssigkeit in ihrem Niveau befindet?

Nach dem vorhin angegebenen Gesetze findet zwischen der Dichtigkeit der Flüssigkeiten, und dem Volumen, das durch das Volumeter in ihnen verdrängt wird, die Beziehung statt $D = \frac{100}{V}$. Daraus erhält man aber $V = \frac{100}{D}$; man kann folglich auch umgekehrt aus einer gegebenen Dichtigkeit das Volumen V berechnen. Der Alkohol hält die Dichtigkeit 0,833; es ist also $V = \frac{100}{0{,}833} = 120$. Derjenige Punkt der Skale, bis zu welchem das Volumeter also in diesem Alkohol einsinkt, muß mit 120 bezeichnet werden. Theilt man den Raum zwischen 100 und 120 in 20 gleiche Theile, so ist der Rauminhalt eines jeden derselben = 1, und man hat diese Theile in derselben Größe über 120 und unter 100 aufzutragen, um die Skale zu vollenden. Die Skale muß bei dieser Auftragung der Theile natürlich aus der Röhre herausgenommen und dann nach derselben wieder genau in die frühere Lage gebracht werden. Zuletzt wird das obere Ende der Röhre in der Flamme der Glasbläserlampe zugeschmolzen.

§. 63. Die Skale des Volumeters von Gay-Lussac läßt sich also sehr leicht anfertigen, und ebenso leicht auch auf ihre Richtigkeit prüfen, wenn man ein schon fertiges Instrument erhält. Die geringe Rechnung, um aus den Angaben desselben die Dichtigkeit zu bestimmen, wird Niemand

scheuen. Wem aber auch diese noch lästig sein sollte, der kann sich eine Tabelle anfertigen, in welcher er gleich neben den einzelnen Graden des Volumeters die entsprechenden Dichtigkeiten verzeichnet hat. Der Kürze wegen möge dieselbe hier nur von 10 zu 10 Theilen des Volumeters stehen. Es entsprechen

Volumetergrade.	Dichtigkeit.	Differenz.
120	0,833	
		0,076
110	0,909	
		0,091
100	1,000	
		0,111
90	1,111	
		0,139
80	1,250	
		0,179
70	1,429	
		0,237
60	1,666	
		0,333
50	2,000	
u. s. w.	u. s. w.	

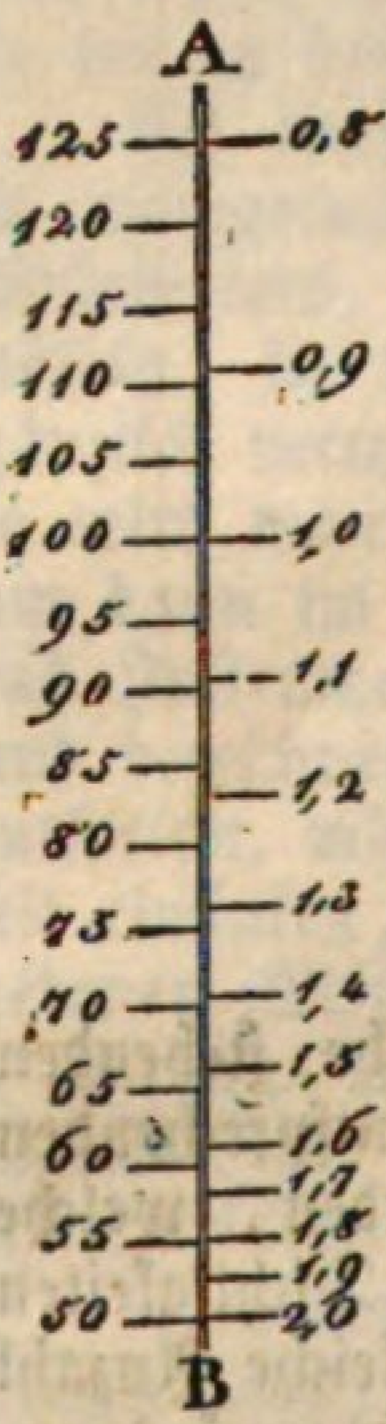
In vorstehender Tabelle bedeuten die in der ersten Reihe stehenden Zahlen die Volumetergrade, und die in der zweiten Reihe die entsprechenden Dichtigkeiten. Es ist noch eine dritte Spalte hinzugefügt worden, welche den Unterschied je zweier unmittelbar auf einander folgenden Dichtigkeiten angibt. Man sieht, daß, wenn die Volumetergrade um eine gleiche Anzahl sich ändern, die Dichtigkeiten sich nicht um ein und dieselbe Größe verändern. Die Aenderung der Dichtigkeit von 110 bis 120 Grade des Volumeters ist nur 0,076, während die Aenderung derselben für die Grade 50 bis 60 bedeutend mehr, nämlich 0,333 beträgt.

Wollte man eine Tabelle entwerfen, in welcher die Dichtigkeiten stets um dieselbe Größe wachsen, so müßten die Grade des Volumeters um ungleiche Größen sich ändern; sollen z. B. die Dichtigkeiten stets um 0,2 zunehmen, so entsprechen diesen Dichtigkeiten folgende Grade des Volumeters:

Grade des Volumeters.	Dichtigkeit.
125	0,800
100	1,000
83,3	1,200
71,4	1,400
62,5	1,600
55,5	1,800
50,0	2,000

Je größer die Dichtigkeit wird, desto geringer wird die Anzahl der Volumetergrade, für welche sich die Dichtigkeit um 0,2 ändert. Von 0,8 bis 1,0 ändern sich die Volumetergrade um 25, von 1,8 bis 2,0 aber nur um 5,5.

§. 64. Es gibt, wie oben §. 61 schon erwähnt, auch Aräometer oder Senkwagen, bei welchen man unmittelbar an dem Punkte, bis zu welchem sie in eine Flüssigkeit eintauchen, die Dichtigkeit der letztern ablesen kann. Ihre Skale läßt sich gleich mit Hülfe der Volumeterskale anfertigen. Man berechne sich die Grade des Volumeters, welche zu den verschiedenen Dichtigkeiten gehören, indem man dieselben z. B. um 0,01 wachsen läßt, also für 1,00; 1,01; 1,02 u. s. w. (gerade wie es im vorhergehenden Paragraphen mit dem Wachsen um 0,2 geschah), construire sich für ein Instrument die Volumeterskale, und trage neben den berechneten Graden des Volumeters die zugehörigen Dichtigkeiten ein. Da die Volumetergrade sämmtlich gleich sind, und bei größeren Dichtigkeiten die Aenderung der Dichtigkeiten um eine bestimmte Größe eine geringere Aenderung in den zugehörigen Volumetergraden veranlaßt, so werden die Striche, welche den einzelnen Dichtigkeiten entsprechen, bei größeren Dichtigkeiten, also in dem untern Theile der Spindel, näher bei einander stehen, als in dem obern. Am leichtesten übersieht man dieß durch Figur 50. A B ist die Skale eines Aräometers, und es sind auf dieselbe links die Grade des Volumeters und rechts die Dichtigkeiten aufgetragen, und zwar der Einfachheit wegen die ersteren nur von 5 zu 5 Graden, und die letzteren von 0,1 zu 0,1. Will man die Dichtigkeiten bis auf Hunderttheile verzeichnen, so müssen zwischen 0,9 und 1,0 noch 10 Abtheilungen gemacht werden, und ebenso zwischen 1,9 und 2,0 u. s. f. Die ersten 10 Striche sind dann über einen Raum von 14 Graden des Volumeters ausgebreitet, die letzten 10 aber nur über einen Raum von 2,6, also über einen mehr als 3 Mal kleinern, da alle Volumetergrade gleich groß sind. Die Linien sind folglich am untern Ende dieser Skale fünfmal näher an einander, als an dem obern. In den zwischenliegenden Theilen sind die Linien um so näher, je weiter sie sich nach unten hin befinden.

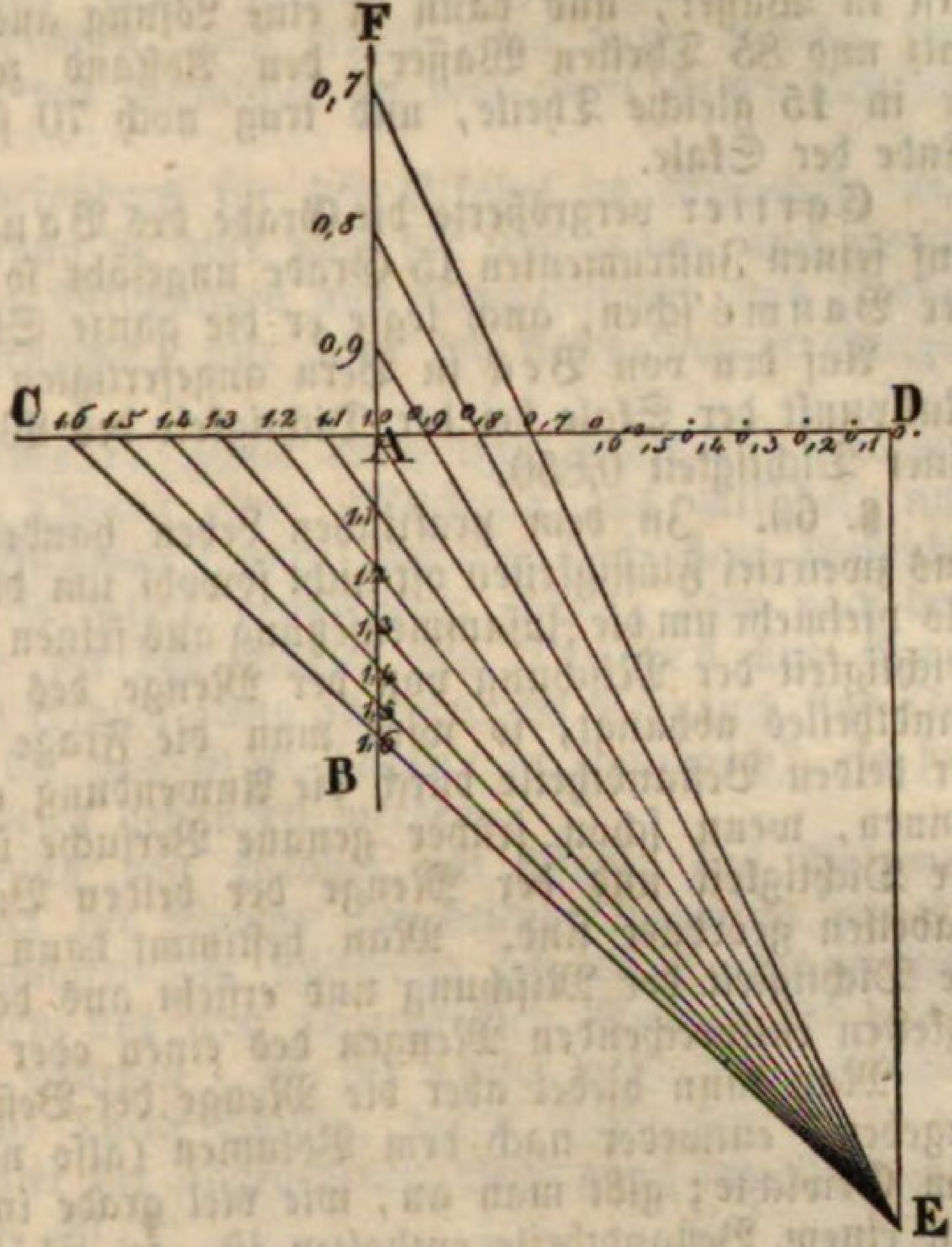


Figur 50.

In den meisten Fällen ist es indeß nicht nöthig, für jede einzelne Dichtigkeit die Stelle zu berechnen, wo die entsprechende Zahl zu stehen kommt; man braucht dieselbe nur für nicht sehr weit verschiedene Dichtigkeiten zu berechnen, und kann dann den Raum innerhalb derselben noch in gleiche Unterabtheilungen eintheilen. Hat man z. B. die Dichtigkeiten für die einzelnen Hundertel bestimmt, so darf man, ohne für den gewöhnlichen Gebrauch erhebliche Fehler zu besorgen, jeden zwischen zwei Theilstrichen liegenden Raum noch in 10 Theile eintheilen, um auf diese Weise die Tausendtheile zu erhalten.

Man kann auch durch eine andere Construction, deren Richtigkeit sich aber hier ohne zu große Weitläufigkeiten nicht nachweisen läßt, eine Aräometerskala construiren. Man gebraucht ebenso wie vorhin zwei Bestimmungen, man läßt das Instrument in reines Wasser eintauchen, und bezeichnet diesen Punkt der Skale mit 1, dann senkt man es in eine Flüssigkeit, welche z. B. die Dichtigkeit 1,6 hat, und bezeichnet den entsprechenden Punkt der Skale mit 1,6. Es bedeute in Figur 51 F B die Skale, und man soll dieselbe so weit eintheilen, daß sie Zehntheile der Dichtigkeit enthält. Man ziehe

durch A (bis zu welchem Punkte das Aräometer in reines Wasser einsinkt) eine Linie C D senkrecht auf A B im Punkt A, theile dieselbe von A aus rechts und links in beliebige, aber gleiche Theile, schreibe rechts nach der Reihe an die Theilstriche 0,9; 0,8; 0,7 u. s. w. bis zu 0,0, und links 1,1, 1,2 u. s. f. Man ziehe ferner durch D, wo 0,0 steht, eine Parallele mit A B, und verlängere sie, bis sie von einer Linie, welche durch die beiden mit 1,6 bezeichneten Punkte C und B geht, in E getroffen wird. Zieht man von dem Punkte E Linien durch die einzelnen Theilpunkte der Linie C D, so schneiden diese die Skale F B in den zu der Dichtigkeit 1,0; 1,1; u. s. w. 0,9; 0,8 u. s. w. gehörigen Punkten, wie es die in der Figur befindlichen Zahlen anzeigen. Man sieht, daß man auch die über 1,0 und unter 1,6 befindlichen Theilstriche bestimmen kann. Auch aus dieser Figur geht deutlich hervor, daß die Aräometergrade nach unten hin kleiner werden.



Figur 51.

Da ein Aräometer zu lang werden würde, wenn es die ganze Skale von vielleicht 0,7 bis 2,0 umfassen sollte, so vertheilt man die Skale unter zwei oder mehrere. Sehr gewöhnlich findet man dieselbe auf zwei Instrumente vertheilt. Das eine enthält die Dichtigkeiten, welche größer sind als 1, das zweite die übrigen, welche kleiner sind als 1; jenes dient also für Flüssigkeiten, welche schwerer sind als Wasser, dieses für solche, welche leichter sind.

§. 65. Es gibt auch einige Aräometer mit ganz willkürlichen Skalen, welche zum Theil eine große Ausbreitung erhalten haben; man bedarf dann aber zur Bestimmung der Dichtigkeiten einer Tabelle, welche die Beziehungen zwischen den Graden des Aräometers und den zugehörigen Dichtigkeiten genau angibt. Ist das Aräometer und die Tabelle genau angefertigt, so kann man sich auch dieser Instrumente bedienen, die aber durchaus keinen Vorzug vor den früheren haben.

Baumé verfertigte zwei Aräometer, das eine für leichtere, und das andere für schwerere Flüssigkeiten. Die Skale für das erstere bestimmte er so, daß er das Instrument erst in Wasser und dann in eine Lösung aus 1 Theil Kochsalz und 9 Theilen Wasser einsenkte. Den Abstand zwischen beiden Punkten theilte er in 10 gleiche Theile, schrieb zu dem unteren 0, zu dem oberen (der Dichtigkeit des Wassers) 10, und trug noch 40 solcher Skalentheile auf das obere Ende. Um die Skale zu dem zweiten

Aräometer für schwerere Flüssigkeiten zu construiren, senkte er das Instrument erst in Wasser, und dann in eine Lösung aus 15 Theilen trockenem Kochsalz und 85 Theilen Wasser; den Abstand zwischen beiden Punkten theilte er in 15 gleiche Theile, und trug noch 70 solcher Theile auf das untere Ende der Skale.

Cartier vergrößerte die Grade des Baumé'schen Aräometers so, daß auf seinen Instrumenten 15 Grade ungefähr so groß wurden, als 16 Grade der Baumé'schen, auch legte er die ganze Skale ein wenig tiefer.

Auf den von Beck in Bern angefertigten Aräometern befindet sich der Nullpunkt der Skale bei der Dichtigkeit des Wassers, und der 30. Grad bei einer Dichtigkeit 0,850.

§. 66. In dem praktischen Leben handelt es sich aber bei Gemischen aus zweierlei Flüssigkeiten oft nicht sowohl um die Dichtigkeit dieses Gemisches, als vielmehr um die Zusammensetzung aus seinen beiden Bestandtheilen. Da die Dichtigkeit der Mischung von der Menge des einen und des anderen Bestandtheiles abhängt, so wird man die Frage nach der Menge eines jeden der beiden Bestandtheile durch die Anwendung eines Aräometers beantworten können, wenn schon früher genaue Versuche über das Verhältniß zwischen der Dichtigkeit und der Menge der beiden Bestandtheile angestellt und in Tabellen geordnet sind. Man bestimmt dann bloß mittelst des Aräometers die Dichtigkeit der Mischung und ersieht aus den Tabellen, die diesen Dichtigkeiten entsprechenden Mengen des einen oder des andern Bestandtheiles.

Man kann hiebei aber die Menge der Bestandtheile auf zweierlei Weise angeben, entweder nach dem Volumen (also nach dem Maaße), oder nach dem Gewichte; gibt man an, wie viel grade in 100 Theilen des Gemisches von einem Bestandtheile enthalten ist, so erhält man in dem ersten Falle Volumenprocente, und in dem zweiten Gewichtsprocente. Weiß man z. B., daß, wenn in 100 Maaß Weingeist so viel Maaße eines wasserfreien Alkohols enthalten sind, als in der ersten Spalte der folgenden Tabelle stehen, die Dichtigkeit der Mischung durch die in der zweiten Spalte befindliche Zahl angegeben wird, so kann man auch umgekehrt wieder aus einer gefundenen Dichtigkeit einer Mischung auf die Menge der in 100 Maaß enthaltenen Maaße absoluten Alkohols zurückschließen.

In 100 Maaß des Gemisches befinden sich an absolutem Alkohol folgende Maaße.	Dichtigkeit der vorstehenden Mischung aus Alkohol und Wasser bei 15° C.	In 100 Maaß des Gemisches befinden sich an absolutem Alkohol folgende Maaße.	Dichtigkeit der vorstehenden Mischung aus Alkohol und Wasser bei 15° C.
100	0,7947	45	0,9440
95	0,8168	40	0,9523
90	0,8346	35	0,9595
85	0,8502	30	0,9656
80	0,8645	25	0,9711
75	0,8799	20	0,9761
70	0,8907	15	0,9812
65	0,9027	10	0,9867
60	0,9141	5	0,9928
55	0,9248	0	1,0000
50	0,9384		

Man kann aber auch diese Zahlen anstatt der Dichtigkeiten gleich auf die Skale des Aräometers schreiben, und erhält dann durch Ablesen derselben unmittelbar den Gehalt des Gemisches an dem einen seiner Bestandtheile.

Solche Aräometer sind besonders für den Alkohol im Gebrauch, und heißen Alkoholometer. Man kann sie aber auch für jede andere aus zweien gemischte Flüssigkeit, z. B. für Mischungen aus Schwefelsäure und Wasser anfertigen. Hier muß es genügen, nur über die Alkoholometer Einiges mitzutheilen.

§. 67. Die Alkoholometer geben durch ihre Skale an, wie viel wasserfreier Alkohol in 100 Theilen einer Mischung aus Alkohol und Wasser vorhanden ist. Die Angaben können entweder nach dem Gewichte geschehen, wie bei der von Richter construirten Skale, oder nach dem Volumen (dem Maaße), wie bei den Skalen von Tralles und Gay-Lussac. Da jetzt die letzteren Skalen allein allgemein im Gebrauch sind (die von Tralles in Preußen, die von Gay-Lussac in Frankreich), so soll in dem Folgenden nur von diesen gehandelt werden.

Wenn bei der Vermischung von Alkohol mit Wasser das Volumen nach der Mischung gleich wäre der Summe der beiden Volumina vor der Mischung, so müßte die Dichtigkeit der Mischung sich durch eine einfache Rechnung aus den Dichtigkeiten und den angewandten Mengen der beiden Flüssigkeiten herleiten lassen. Würden z. B. 60 Theile wasserfreier Alkohol, dessen Dichtigkeit 0,79, und 40 Theile Wasser, dessen Dichtigkeit = 1, zusammengemischt, so müßte unter der angegebenen Bedingung die Dichtigkeit der Mischung $\frac{60 \times 0{,}79 + 40 . 1}{100}$ betragen. Dieß findet aber nicht statt, das Volumen der Mischung ist, wenn absoluter Alkohol und Wasser gemischt wird, stets kleiner als die Summe der angewandten Volumina wie schon früher §. 12 erwähnt wurde. Stellt man 11 gleiche graduirte Glasröhren, welche jede 100 Raumtheile enthalten, neben einander, schüttet in die erste 100 Theile Wasser, in die zweite 90, in die dritte 80 u. s. w. und füllt dann die Röhren behutsam bis zum Ende, also bis zum 100sten Theilstrich, mit Weingeist voll, so wird derselbe, da er leichter ist als Wasser, sich nicht gleich mit demselben mischen. Es enthält dann das erste Gefäß 100 Th. Wasser, das zweite 90 Th. Wasser und 10 Th. Alkohol, das dritte 80 Th. Wasser und 20 Th. Alkohol u. s. f. bis zum letzten, welches reinen Alkohol enthält; sämmtliche Gefäße sind also bis jetzt noch bis zum 100sten Theilstriche gefüllt, und eine grade horizontale Linie berührt die Oberfläche der Flüssigkeit in allen eilf Gefäßen. Schüttelt man aber die Flüssigkeiten in den Röhren, damit sie sich mischen, so werden die Gefäße nicht mehr sämmtlich bis zum 100sten Theilstrich gefüllt sein; nur das erste und letzte wird man bis zu ihrer vorigen Höhe angefüllt, in allen übrigen dagegen einen oder mehrere Theilstriche fehlend finden. Eine Linie, welche die Oberflächen der Flüssigkeit in allen Röhren berühren sollte, würde gekrümmt sein. Könnte man diese Verringerung des Volumens, welche bei der Mischung statt findet, genau messen, so würde man aus dieser Verringerung und aus den für die Mischung angewandten Mengen die Dichtigkeit der einzelnen Mischungen aus Alkohol und Wasser berechnen können. Man würde wie vorhin angegeben, zunächst die Dichtigkeit ohne Rücksicht auf diese Zusammenziehung berechnen, und dann diese Dichtigkeit noch in dem Verhältnisse vergrößern, in welchem das Volumen durch die Zusammenziehung kleiner wird. Da diese Messung des Volumens aber nicht mit der erforderlichen

Genauigkeit ausgeführt werden kann, so ist es besser, daß man nach einer der früheren Methoden die Dichtigkeiten einer aus genau bestimmten Maaßen Alkohol und Wasser bestehenden Mischung bestimmt, und daraus dann umgekehrt die Verringerung des Volumens herleitet. Man übersieht diese Zusammenziehungen in der nachfolgenden Tabelle; die in der ersten Reihe angegebenen Maaße an absolutem Alkohol müssen mit den in der zweiten Reihe angegebenen Maaßen gemischt werden, wenn gerade 100 Theile wasserhaltiger Alkohol entstehen sollen. Die in der dritten Reihe stehenden Zahlen geben die Zusammenziehungen an.

Bei 15° C. enthalten 100 Maaß wasserhaltiger Alkohol.		Zusammenziehung.	Bei 15° C. enthalten 100 Maaß wasserhaltiger Alkohol.		Zusammenziehung.
Maaße reinen Alkohols.	Maaße Wasser.		Maaße reinen Alkohols.	Maaße Wasser.	
100	0,00	0,00	45	58,64	3,64
95	6,18	1,18	40	63,44	3,44
90	11,94	1,94	35	68,14	3,14
85	17,47	2,47	30	72,72	2,72
80	22,87	2,87	25	77,24	2,24
75	28,19	3,19	20	81,72	1,72
70	33,14	3,44	15	86,20	1,20
65	38,615	3,615	10	90,72	0,72
60	43,73	3,73	5	95,31	0,31
55	48,77	3,77	0	100,00	0,00
50	53,745	3,745			

Die Dichtigkeiten der in der vorstehenden Tabelle angegebenen Mischungen sind schon früher §. 66 angegeben.

Die Alkoholometer geben stets nur an, wie viel in einer Mischung aus Wasser und Alkohol wasserfreier Alkohol enthalten ist. Die vorstehende Tabelle lehrt nun zugleich, daß man nicht glauben darf, die mit dem wasserfreien Alkohol verbundene Wassermenge zu finden, wenn man die gefundenen Procente an Alkohol von 100 abzieht; es beträgt das hinzugefügte Wasser stets mehr als diese Differenz. Wenn z. B. das Alkoholometer einen Gehalt an Alkohol von 55 Maaß anzeigt, so beträgt das mit diesem gemischte Wasser nicht etwa 100 — 55 = 45, sondern 48,77 Maaß.

§. 68. Die Skale eines solchen Alkoholometers kann man nun entweder mit Hülfe der Skale eines zur Angabe der Dichtigkeiten bestimmten Aräometers, oder auch mit Hülfe einer weiterhin anzugebenden von Tralles berechneten Tabelle construiren. Im ersten Falle nimmt man aus der §. 66 angegebenen Tabelle den Alkoholgehalt, und schreibt ihn an die Stelle der Skale, wo die entsprechende Dichtigkeit sich findet. In den meisten Fällen wird es genügen, die in jener Tabelle von 5 zu 5 Procent verzeichneten Gehalte auf die Skale aufzutragen, und den zwischen zwei solchen Theilstrichen liegenden Raum in fünf gleiche Theile zu theilen, damit die auf einander folgenden Theilstriche stets nur um 1 Procent verschieden sind. Will man die auf diese Weise noch entstehenden kleinen Fehler vermeiden, so braucht man nur die Dichtigkeiten der zwischen drei in der Tabelle §. 66 verzeichneten Mischungen zu suchen (durch neue Wägungen oder auch durch Berechnung aus jener Tabelle selbst), und die denselben entsprechenden Gehalte oder Volumenprocente an die betreffende Stelle der Dichtigkeitsskale zu setzen.

Man kann jedoch mit Hülfe einer von Tralles angegebenen Tabelle auch ganz unabhängig von den früheren Aräometern die Skale des Alkoholometers construiren.

Alkoholometer-Skale, für Volumenprocente, bei 15,55° C.

Alkoholgehalt. Volumen.	Länge der einsinkenden Theile v. Halse.	Größe der Abtheilungen.	Alkoholgehalt. Volumen.	Länge der einsinkenden Theile v. Halse.	Größe der Abtheilungen.	Alkoholgehalt. Volumen.	Länge der einsinkenden Theile v. Halse.	Größe der Abtheilungen.
0	9		34	420	13	68	1184	30
1	24	15	35	434	14	69	1215	31
2	39	15	36	449	15	70	1246	31
3	54	15	37	465	16	71	1278	32
4	68	14	38	481	16	72	1310	32
5	82	14	39	498	17	73	1342	32
6	95	13	40	515	17	74	1375	33
7	108	13	41	533	18	75	1409	34
8	121	13	42	551	18	76	1443	34
9	133	12	43	569	18	77	1478	35
10	145	12	44	588	19	78	1514	36
11	157	12	45	608	20	79	1550	36
12	169	12	46	628	20	80	1587	37
13	180	11	47	648	20	81	1624	37
14	191	11	48	669	21	82	1662	38
15	202	11	49	690	21	83	1701	39
16	213	11	50	712	22	84	1740	39
17	224	11	51	735	23	85	1781	41
18	235	11	52	758	23	86	1823	42
19	245	10	53	782	24	87	1866	43
20	256	10	54	806	24	88	1910	44
21	266	10	55	830	24	89	1955	45
22	277	11	56	854	24	90	2002	47
23	288	11	57	879	25	91	2050	48
24	299	11	58	905	26	92	2099	49
25	310	11	59	931	26	93	2150	51
26	321	11	60	957	26	94	2203	53
27	332	11	61	984	27	95	2259	56
28	344	12	62	1011	27	96	2318	59
29	355	11	63	1039	28	97	2380	62
30	367	12	64	1067	28	98	2447	67
31	380	13	65	1096	29	99	2519	72
32	393	13	66	1125	29	100	2597	78
33	407	14	67	1154	29			

Um mit Hülfe dieser Tabelle eine Aräometerskale zu construiren, läßt man das Instrument bei 15,55 C. erst in Wasser und dann in wasserfreiem Alkohol schwimmen, und bezeichnet beide Punkte. Den Zwischenraum zwischen beiden theilt man in 2597 — 9 = 2588 gleiche Theile, und bezeichnet dieselben mit den auf einander folgenden Zahlen in der Ordnung von unten nach oben, jedoch so, daß an den Punkt, bis zu welchem das Alkoholometer in reinem Wasser einsank, nicht 0, sondern 9 zu stehen kommt; dann erhält der andere Punkt, bis zu welchem das Instrument in wasserfreiem Alkohol einsank, die Zahl 2597, weil der Raum zwischen beiden bestimmten Punkten grade in 2597 — 9 Theile eingetheilt wurde. Jeden in der ersten Reihe vorstehender Tafel angegebenen Gehalt an Alkohol schreibt man nun

auf denjenigen Theilstrich, dessen Zahl in der zweiten Reihe neben dem angenommenen Gehalte befindlich ist.

Die dritte Reihe obiger Tabelle gibt an, wie viele von den gleichen Abtheilungen stets zwischen zwei auf einander folgenden Alkoholometergraden liegen, und man erhält sie ganz einfach, indem man jede Zahl der zweiten Reihe von der unmittelbar unter ihr stehenden abzieht. Man sieht aus derselben, daß die Größe der einzelnen Alkoholometergrade an den verschiedenen Punkten der Skale sehr verschieden ist, ja daß sie nicht einmal regelmäßig zunimmt. In den untersten Theilen der Skale sind die Grade etwas größer (sie umfassen 15 von den obigen 2588 gleichen Theilen), werden dann kleiner bis zum zwanzigsten Grade (hier umfassen sie nur 10 der früheren Theile), und wachsen dann unausgesetzt fort (der letzte Grad umfaßt 78 der früheren Theile). Dieses Abnehmen und Wachsen der Größe der einzelnen Grade ist eine Folge der Zusammenziehung bei der Mischung von Wasser und Alkohol.

§. 69. Um die Behandlung der Dichtigkeiten und des specifischen Gewichts nicht zu unterbrechen, ist in dem Vorhergehenden absichtlich eine Correction oder wenigstens eine Rücksicht, die bei allen den angegebenen Versuchen und Bestimmungen unumgänglich nothwendig ist, noch nicht erwähnt worden. Es ist aus dem Frühern bekannt, daß alle Körper durch Aenderungen in der Temperatur mehr oder minder große Aenderungen in ihrem Volumen, und somit, da ihr absolutes Gewicht dasselbe bleibt, auch in ihrem specifischen Gewichte, und in ihrer Dichtigkeit erleiden. Es war $S = \frac{P}{V}$; vergrößert sich in der Wärme V, während P ungeändert bleibt, so muß sich S verkleinern; verkleinert sich V dagegen, so muß S sich vergrößern. Da aber die Dichtigkeit dem specifischen Gewichte stets proportional ist, so sinkt und steigt dieselbe mit S in gleichem Maaße.

Bei jeder Bestimmung der Dichtigkeiten muß deßhalb die Temperatur bemerkt werden; will man die Dichtigkeit eines Körpers für eine bestimmte Temperatur wissen, so muß man entweder die Bestimmung bei dieser Temperatur ausführen, oder wenn die Ausdehnung des Körpers durch die Wärme bekannt ist, aus einer bei anderer Temperatur gefundenen Dichtigkeit durch Rechnung die Dichtigkeit bei der verlangten Temperatur herleiten. Die Rechnung ist einfach, und gründet sich auf die oben schon angegebene Proportion $S:S' = V':V$, oder da $S:S' = D:D'$, $D:D' = V':V$, d. h. wenn zwei Körper gleiches Gewicht haben (diese Bedingung findet offenbar hier statt, da es beide Mal derselbe Körper ist), so verhalten sich ihre Dichtigkeiten umgekehrt wie die Volumina.

Auch bei dem Gebrauche der Alkoholometer ist natürlich die Rücksicht auf die Temperatur ebenso nothwendig. Da der wasserhaltige Alkohol durch die Wärme leichter wird, so sinkt das Alkoholometer in wärmern Alkohol tiefer ein, als wenn derselbe kälter ist. Der wärmere Alkohol erscheint am Instrument also reicher an wasserfreiem Alkohol, als er wirklich ist. Tralles und Gay-Lussac haben Tafeln geliefert, mit deren Hülfe die Reductionen auf die verschiedenen Temperaturen sich ausführen lassen. — An den im Handel vorkommenden Alkoholometern ist neben der Skale von Tralles gewöhnlich noch die Skale von Richter angebracht; zugleich befindet sich am untern Ende ein Thermometer, dessen Stand bei der Normaltemperatur mit einem rothen Strich auf seiner Skale bezeichnet ist. Ober- und unterhalb dieses rothen Striches sieht man dann noch mehrere Theilstriche, die so bestimmt sind, daß man für jeden Theilstrich, um

welchen das Thermometer über dem Normalpunkte steht, von den Gewichtsprocenten, welche die Richter'sche Skale bei dieser Temperatur angibt, ein Procent abziehen muß, und umgekehrt für niedrigere Temperaturen für jeden Theilstrich, um welchen das Thermometer zu tief steht, zu den gefundenen Procenten ein Procent hinzuzählen soll. Um also den Gehalt eines Alkohols, der nicht die Normaltemperatur hat, nach der Skale von Tralles für die Normaltemperatur zu bestimmen, bestimmt man zunächst den Gehalt bei der eben stattfindenden Temperatur desselben auf der Skale von Tralles, geht dann von diesem Punkte der Tralles'schen Skale hinüber zu dem gleich hoch liegenden der Richter'schen, zählt so viel Einheiten ab oder zu, als das Thermometer Striche über oder unter der Normaltemperatur steht, und geht von dem auf diese Weise erhaltenen Punkte der Richter'schen Skale zuletzt wieder zurück zu dem gleich hoch liegenden der Tralles'schen Skale. Es bedarf aber wohl nicht der Erinnerung, daß dieses Verfahren nur ein annähernd richtiges Resultat gibt; zu genauen Versuchen muß man sich der oben erwähnten Tabelle bedienen. Ihr Gebrauch läßt sich vereinfachen, indem man sie auf eine Art verschiebbarer Rechenstäbe aufträgt; man braucht diese Stäbe dann nur angemessen in einer Führung zwischen zwei Linealen, die ebenfalls noch Zahlenangaben tragen, zu verschieben, um gleich den auf eine bestimmte Temperatur reducirten Gehalt ablesen zu können. Man erspart hiebei alle Rechnung; die nähere Einrichtung dieser Reductionsstäbe kann hier aber nicht angegeben werden, da sie zuviel Raum in Anspruch nehmen würde.

Vierter Abschnitt.

Das Gleichgewicht der luftförmigen Körper.

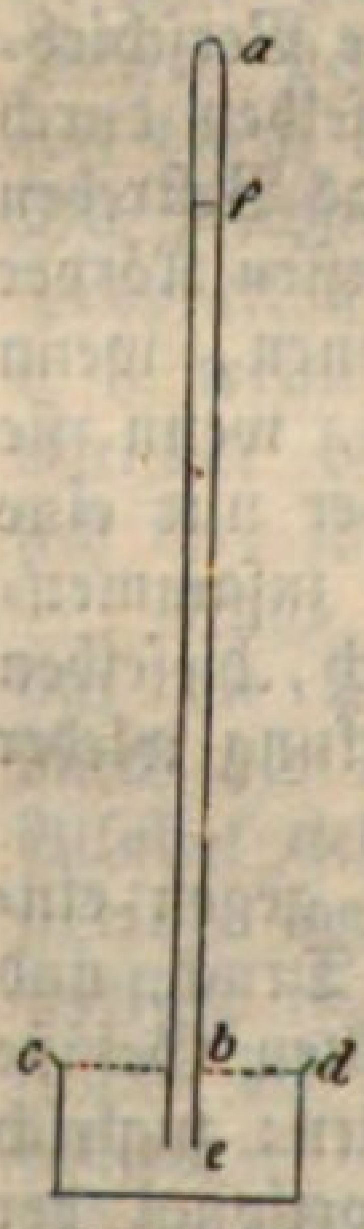
§. 70. Die luftförmigen Körper haben mit den flüssigen die Verschiebbarkeit ihrer Theilchen gemein, unterscheiden sich aber von denselben durch ihre eigenthümliche Spannkraft oder Expansivkraft, d. h. durch das Bestreben sich stets auf einen größern Raum auszudehnen. Während die festen Körper auf eine doppelte Weise elastisch sind, d. h. sich wieder ausdehnen, wenn sie zusammengedrückt werden, und sich wieder zusammenziehen, wenn sie ausgedehnt werden, so zeigen die flüssigen und luftförmigen Körper nur eine einseitige Elasticität, d. h. sie dehnen sich wieder aus, wenn sie zusammengedrückt werden; es ist aber durch keine mechanische Kraft möglich, dieselben so auszudehnen, daß sie sich nach dem Aufhören dieser Einwirkung wieder zusammenzögen.

Die Abstoßung, welche die Theilchen der Luft fortwährend gegen einander äußern, wirkt auf die einschließenden festen Körper als Druck, und zwar erfolgt derselbe in einem verschlossenen und mit Luft gefüllten Gefäße gleichmäßig auf alle Wände nach oben, zur Seite und nach unten; zugleich ist auch hier wieder wie bei den Flüssigkeiten, der Druck proportional der gedrückten Fläche, so daß z. B. zwei Quadratzolle des Umfangs des Gefäßes einen doppelt so großen Druck als ein einziger erleiden. Die Größe dieses Druckes auf eine bestimmte Fläche hängt, wie später bewiesen wird, von der Dichtigkeit und der Temperatur der Luft ab. Verringert man die

Dichtigkeit der Luft, so nimmt der Druck ab; so sehr man aber auch dieselbe verringern mag, man wird nie im Stande seyn, die gegenseitige Abstoßung der Theilchen zu vernichten. Durch Erniedrigung der Temperatur, und durch Anwendung eines äußern Druckes werden die einzelnen Lufttheilchen einander näher gebracht, und in Folge dessen oft die gegenseitigen Abstoßungen plötzlich überwunden; es gehen dann alle bekannten luftförmigen Körper, außer dem Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, dem Stickoxydgas, dem Grubengas und dem Kohlenoxydgas in den Zustand des Flüssigen, und mehrere durch noch stärkere Erkältung sogar in den Zustand des Festen über.

§. 71. Gleich den flüssigen und festen Körpern ist die Luft der Schwerkraft unterworfen; jedes einzelne Lufttheilchen erleidet einen Zug nach unten, und übt einen Druck auf die unter ihm liegenden Theilchen aus. Alle oberen Schichten unserer Atmosphäre drücken folglich durch ihr Gewicht auf die unteren, welche, dadurch zusammengepreßt, dichter werden. Durch die Zusammendrückung wächst die Elasticität oder die Spannkraft der Luft; es können die unteren Schichten daher nur so weit zusammengedrückt werden, bis sie durch die vergrößerte Spannung dem Gewichte der darüberliegenden Luftschichten das Gleichgewicht halten. Die Spannkraft der auf der Erdoberfläche befindlichen untersten Luftschicht ist also so groß wie das Gewicht der darüber befindlichen Atmosphäre.

Da diese durch die Zusammendrückung erzeugte Spannkraft der atmosphärischen Luft, wie schon oben angemerkt wurde, nach allen Seiten gleichmäßig hinwirkt, so wird man dieselbe (oder was dasselbe heißt, das Gewicht der ganzen Atmosphäre) bestimmen können, wenn man sie auf die eine Seite einer Flüssigkeit wirken läßt, während eine andere Seite der Flüssigkeit von diesem Drucke frei ist. Dieß geschieht in folgendem Versuche. Man tauche eine an beiden Seiten offene Röhre in ein Gefäß mit Wasser oder Quecksilber, so wird die Flüssigkeit inwendig und auswendig gleich hoch stehen; in der Röhre drückt die Luft auf die Flüssigkeit und ebenso außerhalb, und beide Drucke heben sich auf. Jetzt denke man sich aber die Röhre a b Fig. 52 plötzlich am obern Ende gegen die Luft abgeschlossen, und die im Innern derselben befindliche Luft verschwunden; dann drückt außen auf die Flüssigkeit noch der Druck der ganzen Atmosphäre, während innerhalb der Röhre kein Druck auf die Flüssigkeit wirkt. Es muß folglich die Flüssigkeit innerhalb der Röhre so hoch über das Niveau der Flüssigkeit in dem Gefäße c d steigen, daß das Gewicht dieser über das Niveau in c d gehobenen Flüssigkeitssäule gleich ist dem Drucke der außen wirkenden Atmosphäre. Man kann diesen Versuch auf zweierlei Weise ausführen; entweder verbindet man das obere Ende der Röhre a mit der weiterhin zu beschreibenden Luftpumpe, und entfernt durch ihre Hülfe die Luft aus der Röhre; oder man wählt den zuerst von Torricelli eingeschlagenen Weg. Torricelli nämlich nahm eine Glasröhre von ungefähr 30 Zoll Länge a e, welche an einem Ende a verschlossen und an dem andern e offen war, wandte ihr zugeschmolzenes Ende a nach unten, füllte sie mit Quecksilber völlig an, verschloß die obere Oeffnung e mit dem Finger, kehrte die gefüllte Röhre, ohne daß auch die geringste Menge Quecksilber ausfließen konnte, um, tauchte sie mit dem noch mit dem Finger verschlossenen Ende e in ein Gefäß unter Quecksilber c d, und zog dann den Finger von der Oeffnung e hinweg. Wiederholt man diesen Versuch, so wird man sehen, daß die Röhre, nachdem sie



Figur 52.

in die angegebene Lage gebracht ist, nicht mehr völlig mit Quecksilber angefüllt ist, sondern daß letzteres so weit herabsinkt, daß es ungefähr nur eine Höhe b f von 28 Zoll über dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße c d hat. Diese Quecksilbersäule von 28 Zoll Höhe vermag also dem äußern Luftdrucke das Gleichgewicht zu halten, und es wiegt folglich eine Luftsäule von der Höhe der ganzen Atmosphäre gerade so viel als eine Quecksilbersäule, welche die Höhe von 28 Zoll hat.

§. 72. Hat man den vorhergehenden Versuch nicht mit Quecksilber, sondern mit Wasser angestellt, so wird eine nur 30 Zoll lange Glasröhre völlig mit Wasser angefüllt bleiben; man muß eine Röhre länger als 32 Fuß nehmen, wenn das Wasser sie in der Lage a b Fig. 52 nicht mehr ganz anfüllen soll. Da nämlich das Wasser ungefähr $13^{1}/_{2}$ Mal leichter ist, als das Quecksilber, so muß eine Wassersäule, die ebenso stark drücken soll, als eine Quecksilbersäule, eine Höhe haben von $13^{1}/_{2} \times 28$ Zoll = 32 Fuß; durch den äußern Druck der Atmosphäre kann also eine Wassersäule von 32 Fuß in der Glasröhre getragen werden.

Man sieht aus diesen beiden Versuchen recht deutlich, wie man die ganze Atmosphäre als den einen Schenkel einer communicirenden Röhre, und die oben gegen die äußere Luft abgeschlossene Glasröhre als den andern Schenkel derselben betrachten kann. Da in dem einen Schenkel sich Luft, in dem andern aber Wasser oder Quecksilber befindet, so wird die Höhe der Luft- und der Wasser- oder Quecksilbersäule sehr ungleich sein, weil stets die in beiden Schenkeln ausgeübten Drucke (oder die Gewichte zweier Säulen von gleichem Durchmesser) einander gleich sein müssen. Kennt man die Dichtigkeit der Luft an der Oberfläche der Erde, so kann man (ebenso wie vorhin die Wasserhöhe) die Höhe berechnen, welche die Atmosphäre haben müßte, wenn sie überall so dicht wäre, wie an der Oberfläche der Erde; sie müßte so viel Mal größer sein als 28 Zoll, als wie das Quecksilber dichter ist als die Luft an der Erdoberfläche (oder auch, was dasselbe ist, so viel Mal größer als 32 Fuß, als das Wasser dichter ist als die Luft). Da das Quecksilber ungefähr 10,466 Mal schwerer ist, als die atmosphärische Luft, so müßte eine Luftsäule, welche einer Quecksilbersäule von 28 Zoll das Gleichgewicht halten sollte, $28 \times 10{,}466$ Zoll hoch sein (oder 32×770 Fuß, da das Wasser 770 Mal schwerer ist als die Luft). Diese Rechnung kann aber keinesweges die wahre Höhe der Atmosphäre richtig angeben; sie war ja geführt unter der falschen Voraussetzung, daß die Luft von unten bis oben gleichmäßig dicht sei. Dieß findet aber wie aus dem gleich im Anfange dieses Abschnittes §. 71 Mitgetheilten hervorgeht, nicht statt; jede Schicht wird stets nur durch das Gewicht aller über ihr liegenden comprimirt und verdichtet; es muß also die Dichtigkeit der Luft von unten nach oben abnehmen, und die Atmosphäre wird sehr bedeutend höher seyn, als aus jener Rechnung sich ergab.

§. 73. Der in §. 71 angegebene Torricelli'sche Versuch ist nichts Anderes als die Construction eines Instrumentes, welches die Schwere der Luft mißt, eines Barometers. Wenn nämlich der äußere Luftdruck aus irgend einer Ursache geringer wird, so muß das Quecksilber in der Glasröhre a b Fig. 52 herabsinken, weil der geringere Luftdruck nur einer niedrigern Quecksilbersäule das Gleichgewicht halten kann. Wenn aber der äußere Luftdruck sich vergrößert, so muß die Quecksilbersäule um so viel sich verlängern.

Soll ein solches Barometer stets den Druck der Atmosphäre richtig angeben, so sind mehrere Vorsichtsmaßregeln zu beachten; es ist deßhalb

nöthig, dieselben hier in der Kürze anzugeben. Vorhin war die Voraussetzung gemacht, daß aus dem Raume fa über dem Quecksilber alle Luft entfernt sey, weil nur dann die Quecksilbersäule durch ihre Höhe den Druck der Atmosphäre messen kann; ist nämlich auch nur noch eine geringe Quantität Luft in der Röhre über dem Quecksilber, so wird diese Luft durch ihre Spannkraft auf die Oberfläche des Quecksilbers in f drücken, und dadurch einen Theil des Druckes der äußern Atmosphäre aufheben. Das Quecksilber steigt dann in der Röhre nur so hoch, daß es dem Unterschiede zwischen dem äußern und dem innern Luftdrucke das Gleichgewicht halten kann, steht also niedriger als wenn keine Luft in dem obern Ende der Röhre wäre.

Um die Luft aus dem verschlossenen Schenkel gänzlich herauszuschaffen, genügt es nicht, die Röhre (mit der zugeschmolzenen Oeffnung nach unten) mit Quecksilber zu füllen und auf die früher angegebene Weise umzukehren. Es haftet die Luft so fest am Glase, daß das in die Röhre fließende Quecksilber sie nicht gänzlich von den Wänden vertreiben kann; gewöhnlich sieht man auch schon mit bloßen Augen an den Wänden der mit Quecksilber gefüllten Röhre eine Menge kleiner Luftbläschen. Man hat deßhalb vorgeschlagen, die Ausfüllung der Röhre mit Quecksilber in einem durch die Luftpumpe von der Luft möglichst befreiten Raume auszuführen, und es ist nicht zu leugnen, daß hiedurch der oben angegebene Fehler sich sehr vermindern läßt; ob man ihn auf diese Weise gänzlich entfernen kann, müssen erst noch genauere Untersuchungen lehren. Das bis jetzt einzig sichere Mittel gegen diese Fehlerquelle besteht in dem Auskochen des Quecksilbers in der Röhre. Man füllt zu diesem Zwecke die warme Röhre mit erwärmtem Quecksilber nur ungefähr zum dritten Theile an, und bringt dann über Kohlenfeuer das Quecksilber in der Röhre zum Sieden; die sich bildenden Quecksilberdämpfe nehmen die an dem Glase hängende Luft mit sich fort. Daß man diese Operation entweder im Freien, oder unter einem gut ziehenden Schornsteine vornehmen muß, um das Einathmen der Quecksilberdämpfe zu vermeiden, versteht sich von selbst. Ist das erste Dritttheil der Röhre ausgekocht, so füllt man das zweite Dritttheil mit erhitztem Quecksilber, kocht dieses aus, füllt das letzte Dritttheil ein und kocht auch dieses aus. Den noch etwa übrigen Raum füllt man dann gänzlich mit erhitztem Quecksilber, und kehrt bei verschlossener Mündung die Röhre nach der Abkühlung unter Quecksilber um. Man darf das Sieden aber auch nicht zu lange fortsetzen, weil sich sonst etwas Oxyd bildet, das die Beweglichkeit des Quecksilbers hemmt; es steht dann das Quecksilber in der Röhre nicht mit einer converen, sondern mit einer ebenen, ja selbst concaven Oberfläche. Daß man überhaupt völlig reines Quecksilber verwendet, ist nöthig, weil sonst die Beweglichkeit und das Gewicht des Quecksilbers sich ändert.

§. 74. Man darf die Röhre des Barometers nicht zu eng nehmen, weil sonst durch die bedeutende Reibung an den Wänden die Beweglichkeit des Quecksilbers, und damit die Empfindlichkeit des Instrumentes geschwächt wird. Bei einem Barometer mit enger Röhre wird man oft bei geringen Aenderungen des Luftdruckes noch gar keine Aenderung im Stande des Quecksilbers bemerken; erschüttert man das Instrument durch einige leichte Stöße, so wird die Reibung überwunden werden, und das Quecksilber seine richtige Höhe einnehmen.

Eine enge Röhre führt aber auch noch einen andern Nachtheil mit sich. In dem nächstfolgenden Abschnitte wird von der sogenannten Capillarattraction und Capillardepression ausführlicher geredet werden; es kann deßhalb hier nur vorläufig erwähnt werden, daß, wenn zwei communicirende

Röhren, deren eine eng und die andere weit ist, mit Quecksilber gefüllt werden, das Quecksilber in dem engern Schenkel etwas niedriger steht als in dem weitern, während es doch nach dem Gesetze der communicirenden Röhren in beiden gleich hoch stehen sollte. Nimmt man also zu dem Barometer eine enge Röhre, welche in einem weitern Gefäße steht, so wird das Quecksilber in der engern Barometerröhre ebenfalls etwas tiefer stehen, als in einer weitern; mißt man den vertikalen Abstand zwischen dem Niveau des Quecksilbers in dem engen Schenkel und in dem unten befindlichen Gefäße, so wird die Höhe desselben nicht den wirklichen Druck der Atmosphäre angeben, sondern einen etwas kleinern. Man muß deßhalb stets zu der gemessenen Barometerhöhe noch so viel hinzufügen, als das Quecksilber durch die Capillardepression herabgedrückt wird. Folgende Tabelle gibt die Capillardepression des Quecksilbers in Millimetern bei verschiedener Weite der Röhre an:

Weite der Röhre in Millimetern.	Depression in Millimetern.	Weite der Röhre.	Depression in Millimetern.	Weite der Röhre.	Depression in Millimetern.
2	4,5599	8	0,6851	15	0,1245
3	2,9025	9	0,5354	16	0,0970
4	2,0388	10	0,4201	17	0,0754
5	1,5055	11	0,3506	18	0,0586
6	1,1482	12	0,2602	19	0,0430
7	0,8813	13	0,2047	20	0,0352
		14	0,1597		

Um diese Correction wegen der Capillardepression zu vermeiden, muß man die Röhre möglichst weit nehmen, wodurch freilich das Instrument wegen vermehrter Schwierigkeiten und Kosten bei der Anfertigung bedeutend vertheuert wird. Man kann indeß auch noch auf eine andere Weise die Einwirkung der Capillardepression unschädlich machen; läßt man dieselbe in gleichem Maaße sowohl auf die Quecksilberfläche im leeren Raume als auch auf die von der Luft gedrückte Oberfläche wirken, so heben sich natürlich die beiden Depressionen auf. Zu dem Ende biegt man die Barometerröhre unten im Bogen herum, so daß parallel neben dem längern oben verschlossenen Schenkel unten noch ein kürzerer oben offener, von völlig gleicher Weite mit dem andern sich befindet, Fig. 53; jetzt erleidet das Quecksilber in beiden Schenkeln dieselbe Depression, und der Stand des Barometers wird durch dieselbe nicht geändert. Dieses Barometer nennt man ein Heberbarometer, während das frühere ein Gefäßbarometer heißt.

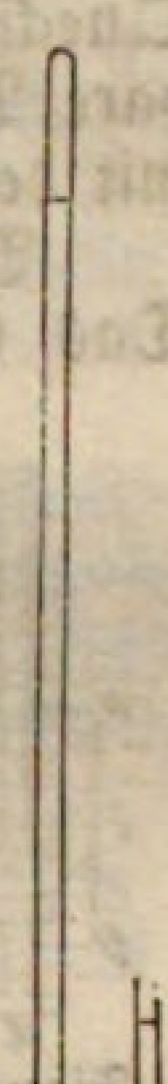


Fig. 53.

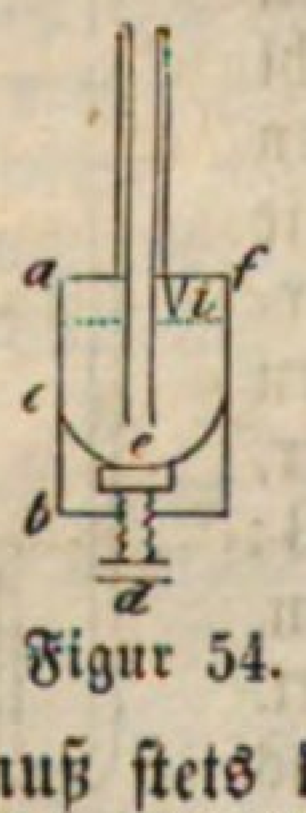
§. 75. Die Stärke des Luftdruckes wird durch den vertikalen Abstand zwischen dem Niveau des Quecksilbers in dem längern Schenkel und in dem kürzern (oder in dem Gefäße) gemessen. Wenn nun das Quecksilber in dem längern Schenkel sinkt oder steigt, so muß es im kürzern Schenkel umgekehrt steigen oder sinken. Sind beide Schenkel gleich weit, wie bei dem Heberbarometer, so wird die Veränderung des Quecksilberstandes im kürzern

Schenkel gerade so groß sein, als die im längern; in dem weitern Gefäße eines Gefäßbarometers wird diese Aenderung zwar weniger betragen, aber doch immer noch sehr merkbar sein.

Den Abstand der beiden Oberflächen mißt man durch eine messingene Skale, deren Nullpunkt stets mit dem Niveau im kürzern Schenkel oder im Gefäße genau zusammenfallen muß. Der Punkt der Skale, welcher mit dem Niveau des Quecksilbers in der verschlossenen Röhre genau in gleicher Höhe liegt, gibt dann die Höhe des jedesmaligen Barometerstandes an. Da aber, wie eben gezeigt wurde, das Niveau im untern Schenkel seine Höhe ändert, so muß entweder die Skale beweglich sein, um ihren Nullpunkt vor jeder Beobachtung auf das Niveau im kürzern Schenkel einzustellen, oder, wenn die Skale feststeht, das Quecksilber sich so weit heben und senken lassen, daß sein Niveau im Gefäße stets mit dem Nullpunkt der Skale zusammenfällt. Die erstere Einrichtung findet sich gewöhnlich bei den Heberbarometern, die letztere bei den Gefäßbarometern.

An der messingenen Skale der Heberbarometer sieht man gewöhnlich den beiden Quecksilberoberflächen gegenüber ein Paar einfache Vorrichtungen oder Visire angebracht, um diese Oberflächen mit einem bestimmten Punkte der Skale in gleiche Höhe stellen zu können; jede derselben besteht meist aus einem kleinen messingenen horizontal liegenden Cylinder von einigen Linien Länge, in welchem am vordern und hintern Ende in einer horizontalen Ebene ein feines Haar ausgespannt ist. Stellt man das untere Visir so, daß bei der Stellung des Auges, in welcher die beiden Haare einander decken, auch die Quecksilberkuppe durch sie gedeckt wird, so steht dieselbe gerade auf dem Nullpunkte der Skale (denn der Höhe dieses Punktes entspricht die durch beide Haare gezogene Linie). Bei jeder Beobachtung des Barometers verschiebt man die Skale zuerst so weit, bis das untere Visir der Quecksilberkuppe des kürzern Schenkels gegenübersteht, und verschiebt dann auf der in dieser Lage festgehaltenen Skale das zweite obere Visir, bis es der obern Quecksilberkuppe gegenübersteht. Das obere auf dem Maaßstabe verschiebbare Visir ist gewöhnlich noch mit einem Nonius versehen, dessen Nullpunkt mit der durch die beiden Haare gezogenen Linie gleich hoch liegt.

Bei dem Gefäßbarometer ist die Fortin'sche Einrichtung sehr bequem. Das Gefäß a b Fig. 54 besteht nur in seinen obern Theilen aus einem Glascylinder, in seinen untern dagegen aus Metall, das gegen den Angriff des Quecksilbers gehörig geschützt ist. Den Boden c e des Gefäßes, auf welchem das Quecksilber ruht, bildet ein Lederbeutel, gegen welchen von unten eine durch das Metall hindurchgehende Schraube d drückt. Wird der Beutel durch die Schraube gehoben oder gesenkt, so steigt und sinkt damit auch zugleich das ganze über ihm befindliche Quecksilber. Das Gefäß ist oben durch einen Metalldeckel a f geschlossen, von welchem in dasselbe eine Stahlspitze i hineinragt. Diese Spitze bezeichnet genau den Nullpunkt der Skale, und mit ihr muß stets die Oberfläche des Quecksilbers im Gefäße zusammenfallen. Man schraubt also bei jeder Messung die Schraube so lange auf oder ab, bis die Stahlspitze i so eben die Quecksilberfläche berührt. Dieß läßt sich sehr genau ausführen, weil man unter der Spitze in dem glänzenden Quecksilber das Spiegelbild der Spitze sieht. Dieses Bild liegt stets (s. unter Optik) so weit unter der spiegelnden Oberfläche, als die Spitze darüber; fällt die Spitze mit der Oberfläche zusammen, so berühren sich auch so eben die Spitze und ihr Spiegelbild. — Von dem Deckel des Gefäßes geht nun eine Messingröhre,

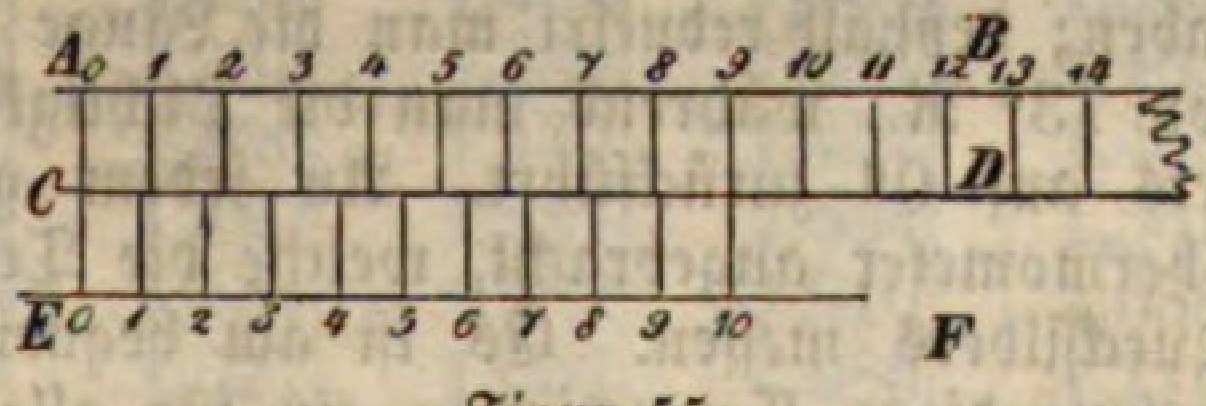


Figur 54.

welche die gläserne Barometerröhre einschließt, aufwärts. Ein Theil der Röhre ist in der Höhe von 24—30 Zoll vorn und hinten ausgeschnitten, damit man durch die beiden Ausschnitte hindurch die Oberfläche des Quecksilbers sehen kann, und zur Seite dieser Ausschnitte ist der Maaßstab auf die Messingröhre aufgetragen. Ein kleines, mit einem horizontalen Faden versehenes Fernrohr läßt sich an der Skale verschieben, und dient, indem man einen in dem Fernrohr ausgespannten horizontalen Faden auf die Quecksilberkuppe einstellt, die Höhe der Quecksilberkuppe genau zu messen; an dem Fernrohre ist nämlich noch ein Nonius befestigt, der sich auf dem eingetheilten Maaßstab bewegt, und dessen Nullpunkt genau mit dem horizontalen Faden in gleicher Höhe liegt.

Da der vertikale Abstand der beiden Quecksilberflächen gemessen werden soll, so muß das Instrument stets vertikal hängen; es wird deßhalb entweder mit seinem obern Ende, oder auch ungefähr in der Mitte der Röhre auf ein aus drei Füßen bestehendes Gestell mittelst Schrauben in drehbaren Ringen so aufgehangen, daß der Schwerpunkt stets die tiefste und die Röhre also die vertikale Lage annehmen kann. Das Gestell dient übrigens auch noch, um während des Transportes das Instrument zu schützen, indem sich letzteres beim Zusammenlegen der drei Füße in entsprechende Ausschnitte legt. Damit das Quecksilber nicht beim Erschüttern den obern Theil der Röhre zertrümmern kann, und damit zugleich unten jeder Eintritt der Luft in die Röhre verhindert wird, so schraubt man für den Transport den Lederbeutel so weit in die Höhe, daß das Quecksilber nicht nur das ganze Gefäß, sondern auch die Röhre bis zu dem obern zugeschmolzenen Ende völlig anfüllt. Der Deckel des Gefäßes ist so auf dem letztern befestigt, daß er für das Quecksilber wohl dicht schließt, aber den Durchgang der Luft gestattet, damit die Luft im Gefäße dieselbe Spannung wie die äußere erhält. — Bei dem Heberbarometer schiebt man, wenn das Instrument getragen werden soll, einen Kork in den kürzern Schenkel hinab, bis das Quecksilber den längern Schenkel ganz ausfüllt. Der Kork ist an eine sehr enge Glasröhre so befestigt, daß dieselbe noch unter ihm hervorragt. Dehnt sich das Quecksilber durch die Wärme aus, so kann es in dieses enge Röhrchen eintreten. Ohne diese Vorrichtung, ebenso wie ohne die Elasticität des Lederbeutels in der Fortin'schen Einrichtung, würde durch die Ausdehnung des Quecksilbers mittelst der Wärme das sich weniger stark ausdehnende Glas zersprengt werden.

§. 76. Der Nonius oder Vernier, welcher in dem Vorhergehenden mehrere Male erwähnt worden ist, besteht aus einem kleinen Maaßstabe, der sich neben dem eigentlichen sehr gut eingetheilten Maaße befindet. Stellt z. B. ABDC in Figur 55 einen Theil des letztern vor, so ist die kleine daneben befindliche getheilte Fläche CDFE der sogenannte Nonius. Bei genauerer Betrachtung der Figur bemerkt man, daß 9 Theilstriche des eigentlichen Maaßstabes 10 Theilen des Nonius gleich sind; in der ge-



Figur 55.

zeichneten Stellung befindet sich der 0te Theilstrich des Nonius genau dem 0ten Theilstriche des Maaßstabes gegenüber, während die folgenden Theilstriche des Nonius sich immer weiter von den gleichlautenden des Maaßstabes entfernen, bis zuletzt der 10te Theilstrich des Nonius mit dem 9ten Theilstrich des Maaßstabes wieder zusammenfällt. Da auf dem Nonius 9 Theilstriche des Maaßstabes in 10 getheilt sind, so beträgt, wenn man die Entfernung zweier Theilstriche auf den Maaßstab = 1 setzt, die Entfernung

zweier Theilstriche auf den Nonius nur $^9/_{10}$; der Unterschied in der Größe der beiden Eintheilungen ist also $1 - {}^9/_{10} = {}^1/_{10}$. Der 1ste Theilstrich des Nonius steht, wenn die Theilung auf dem Maaßstab Linien angibt, daher um $^1/_{10}$ Linie vor dem ersten Theilstriche des Maaßstabes, der zweite $^2/_{10}$ Linien vor dem zweiten des Maaßstabes u. s. f. Verschiebt man den Nonius also, bis die beiden mit 1 bezeichneten Theilstriche sich decken, so beträgt die Verschiebung $^1/_{10}$ Linie; stimmt bei weiterer Verschiebung der 5te Theilstrich des Nonius mit dem 5ten Theilstriche des Maaßstabes überein, so beträgt die Verschiebung $^5/_{10}$ Linien u. s. f., also jedes Mal so viel Zehntheile einer Linie als der Theilstrich des Nonius, welcher mit dem gleichnamigen des Maaßstabes eine gerade Linie ausmacht, angibt. Ist nun ABDC eine in Linien getheilte Barometerskale, und CDFE der an dem Visir angebrachte Nonius, so erhält man durch den Standpunkt des 0ten Theilstriches des Nonius die Anzahl der ganzen Linie der Barometerhöhe, und durch die Angabe des Nonius noch die Bruchtheile der Linie, um welche die Barometerhöhe die letzte ganze Linie übertrifft. Man kann, wie man sieht, mit Hülfe des Nonius noch Zehntheile einer Linie messen, wenn auch der Maßstab nur in ganze Linien getheilt ist. Es leuchtet leicht ein, daß man bei anderen Eintheilungen des Maaßstabes und des Nonius andere Bruchtheile einer Linie messen kann; es kommt stets nur darauf an, eine bestimmte Anzahl Theile des Maaßstabes in eine um 1 größere Anzahl auf den Nonius zu theilen. Ist der Maaßstab z. B. in Fünftellinien getheilt, und man theilt den Raum von 19 solchen Theilen auf dem Nonius in 20 Theile, so ist der Unterschied in der Größe beider Theilungen $^1/_{20}$ von der Größe der Theilstriche des Maaßstabes, also da diese $^1/_5$ einer Linie waren, $^1/_{100}$ der Linie. Ebenso wie man den Nonius bei gradlinigen Maaßstäben anwendet, kann man ihn auch an einer Kreistheilung anbringen.

§. 77. Mit Hülfe der bis jetzt angegebenen Vorrichtungen läßt sich nun zwar eine sehr genaue richtige Bestimmung der Länge der Quecksilbersäule, welche den atmosphärischen Druck mißt, ausführen; aber dieß genügt nicht, wenn man die Drucke der Atmosphäre zu verschiedenen Zeiten mit einander vergleichen will. In diesen verschiedenen Zeiten wird die Temperatur nicht dieselbe seyn. Es dehnt die Wärme alle Körper aus, sie verlängert also den messingenen Maaßstab, und sie verändert die Dichtigkeit des Quecksilbers, so daß eine warme Quecksilbersäule länger seyn muß, als eine kalte, wenn beide einem und demselben Drucke das Gleichgewicht halten sollen. Es muß deßhalb stets die Länge des Maaßstabes und die Dichtigkeit des Quecksilbers auf eine als Norm angenommene reducirt werden. Die Maaßstäbe sind gewöhnlich so construirt, daß sie ihre richtige Länge bei 13° R. haben; deßhalb reducirt man die Länge des Maaßstabes auf diese Temperatur von 13° R., während man die Dichtigkeit und die Länge der Quecksilbersäule stets auf 0° zurückführt. An jedem guten Barometer sind ein oder zwei Thermometer angebracht, welche die Temperaturen des Maaßstabes und des Quecksilbers messen. Es ist am bequemsten, sich die für die Temperaturen nothwendigen Correctionen ein für alle Mal zu berechnen und in Tabellen zusammen zu stellen. Es folgen hier zwei solche Reductionstabellen; die erste reducirt die Länge des Maaßstabes, und die zweite die Länge der Quecksilbersäule.

I. Reduction des Quecksilbers auf 0° R. Pariser Linien.

Réaum.	312'''	318'''	324'''	330'''	336'''	342'''	348'''
	'''	'''	'''	'''	'''	'''	'''
— 13°	+ 0,916	+ 0,934	+ 0,951	+ 0,969	+ 0,987	+ 1,004	+ 1,022
— 12	0,846	0,862	0,878	0,894	0,911	0,927	0,943
— 11	0,775	0,790	0,805	0,820	0,834	0,849	0,864
— 10	0,704	0,718	0,731	0,745	0,758	0,772	0,785
— 9	0,634	0,646	0,658	0,670	0,682	0,695	0,707
— 8	0,563	0,574	0,585	0,596	0,607	0,617	0,628
— 7	0,493	0,502	0,512	0,521	0,531	0,540	0,549
— 6	0,422	0,430	0,438	0,447	0,455	0,463	0,471
— 5	0,352	0,358	0,365	0,372	0,379	0,385	0,392
— 4	0,281	0,287	0,292	0,298	0,303	0,308	0,314
— 3	0,211	0,215	0,219	0,223	0,227	0,231	0,235
— 2	0,140	0,143	0,146	0,149	0,151	0,154	0,157
— 1	0,070	0,072	0,073	0,074	0,076	0,077	0,078
0	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
+ 1	— 0,070	— 0,072	— 0,073	— 0,074	— 0,076	— 0,077	— 0,078
+ 2	0,140	0,143	0,146	0,149	0,151	0,154	0,157
+ 3	0,211	0,215	0,219	0,223	0,227	0,231	0,235
+ 4	0,281	0,286	0,292	0,297	0,302	0,308	0,313
+ 5	0,351	0,358	0,364	0,371	0,378	0,385	0,391
+ 6	0,421	0,429	0,437	0,445	0,453	0,462	0,470
+ 7	0,491	0,501	0,510	0,520	0,529	0,538	0,548
+ 8	0,561	0,572	0,583	0,594	0,604	0,615	0,626
+ 9	0,631	0,643	0,655	0,668	0,680	0,692	0,704
+ 10	0,701	0,715	0,728	0,742	0,755	0,769	0,782
+ 11	0,771	0,786	0,801	0,816	0,830	0,845	0,860
+ 12	0,841	0,857	0,873	0,890	0,906	0,922	0,938
+ 13	0,911	0,928	0,946	0,963	0,981	0,998	1,016
+ 14	0,981	1,000	1,018	1,037	1,056	1,075	1,094
+ 15	1,050	1,071	1,091	1,111	1,131	1,151	1,172
+ 16	1,120	1,142	1,163	1,185	1,206	1,228	1,250
+ 17	1,190	1,213	1,236	1,259	1,282	1,304	1,327
+ 18	1,260	1,284	1,308	1,332	1,357	1,381	1,405
+ 19	1,329	1,355	1,381	1,406	1,432	1,457	1,483
+ 20	1,399	1,426	1,453	1,480	1,507	1,534	1,561
+ 21	1,469	1,497	1,525	1,553	1,582	1,610	1,638
+ 22	1,538	1,568	1,598	1,627	1,657	1,686	1,716
+ 23	1,608	1,639	1,670	1,701	1,732	1,763	1,793
+ 24	1,678	1,710	1,742	1,774	1,806	1,839	1,871
+ 25	1,747	1,780	1,814	1,848	1,881	1,915	1,949
+ 26	1,816	1,851	1,886	1,921	1,956	1,991	2,026

II. Reduction der Messingskale auf 13° R. Pariser Linien.

Réaum.	312'''	318'''	324'''	330'''	336'''	342'''	348'''
	'''	'''	'''	'''	'''	'''	'''
— 13°	— 0,190	— 0,194	— 0,198	— 0,201	— 0,205	— 0,209	— 0,212
— 12	0,183	0,187	0,190	0,194	0,197	0,201	0,204
— 11	0,176	0,179	0,183	0,186	0.189	0,193	0,196
— 10	0,168	0,172	0,175	0,178	0,181	0,185	0,188
— 9	0,161	0,164	0,167	0,170	0,174	0,177	0,180
— 8	0,154	0,157	0,160	0,163	0,166	0,169	0,172
— 7	0,146	0,149	0,152	0,155	0,158	0,161	0,163
— 6	0,139	0,142	0,145	0,147	0,150	0,153	0,155
— 5	0,132	0,134	0,137	0,139	0,142	0,145	0,147
— 4	0,125	0,127	0,129	0,132	0,134	0,137	0,139
— 3	0,117	0,119	0,122	0,124	0,126	0,128	0,131
— 2	0,110	0,112	0,114	0,116	0,118	0,120	0,122
— 1	0,103	0,105	0,106	0,108	0,110	0,112	0,114
— 0	0,095	0,097	0,099	0,101	0,103	0,104	0,106
+ 1	0,088	0,090	0,091	0,093	0,095	0,096	0,098
+ 2	0,081	0,082	0,084	0,085	0,087	0,088	0,090
+ 3	0,073	0,075	0,076	0,077	0,079	0,080	0,082
+ 4	0,066	0,067	0,068	0,070	0,071	0,072	0,074
+ 5	0,059	0,060	0,061	0,062	0,063	0,064	0,065
+ 6	0,051	0,052	0,053	0,054	0,055	0,056	0,057
+ 7	0,044	0,045	0,046	0,046	0,047	0,048	0,049
+ 8	0,037	0,037	0,038	0,039	0,039	0,040	0,041
+ 9	0,029	0,030	0,030	0,031	0,032	0,032	0,033
+ 10	0,022	0,022	0,023	0,023	0,024	0,024	0,025
+ 11	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016	0,016	0,016
+ 12	0,007	0,007	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
+ 13	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
+ 14	+ 0,007	+ 0,007	+ 0,008	+ 0,008	+ 0,008	+ 0,008	+ 0,008
+ 15	0,015	0,015	0,015	0,015	0,016	0,016	0,016
+ 16	0,022	0,022	0,023	0,023	0,024	0,024	0,025
+ 17	0,029	0,030	0,030	0,031	0,032	0,032	0,033
+ 18	0,037	0,037	0,038	0,039	0,039	0,040	0,041
+ 19	0,044	0,045	0,046	0,046	0,047	0,048	0,049
+ 20	0,051	0,052	0,053	0,054	0,055	0,056	0,057
+ 21	0,059	0,060	0,061	0,062	0,063	0,064	0,065
+ 22	0,066	0,067	0,068	0,070	0,071	0,072	0,074
+ 23	0,073	0,075	0,076	0,077	0,079	0,080	0,082
+ 24	0,081	0,082	0,084	0,085	0,087	0,088	0,090
+ 25	0,088	0,090	0,091	0,093	0,095	0,096	0,098
+ 26	0,095	0,097	0,099	0,101	0,103	0,104	0,106

Um mit Hülfe der vorstehenden Tafeln den gemessenen Barometerstand auf 0° R. zu reduciren, liest man den Stand der am Barometer befindlichen Thermometer ab. Man sucht darauf in der vorstehenden Tafel I. in der ersten Reihe die der Temperatur der Skale entsprechende Zahl der Réaumurschen Grade, und geht dann rechts in diejenige Spalte, deren Ueberschrift am meisten mit der gemessenen Barometerhöhe übereinstimmt. Die in dieser Spalte stehende Zahl wird, so lange die Temperatur unter + 13° R. ist, von der gemessenen Länge abgezogen, über + 13° aber zu derselben addirt. Ist auf diese Weise die Länge des Maaßstabes berichtigt, so verfährt man ebenso mit der zweiten Tafel, welche die Ausdehnung des Quecksilbers corrigirt; die in der betreffenden Spalte stehende Zahl wird zu der Barometerhöhe addirt, so lange die Temperatur unter Null ist, von derselben aber abgezogen, wenn die Temperatur über Null ist. Beträgt z. B. die gemessene Barometerhöhe 336''' und zeigt das Thermometer für die Skale eine Temperatur von 15°, das zweite Thermometer aber für das Quecksilber eine Temperatur von 14°, so ist der Barometerstand bei 0° R. = 336'' + 0,016 — 1,056 = 334,960. Die obigen Tafeln geben die Correctionen nur für ganze Grade und von 6 zu 6 Linien an; für die zwischenliegenden Werthe lassen sich die Aenderungen leicht berechnen. Bei einer Barometerhöhe von 336'' ändert sich die Correction für die Temperatur des Quecksilbers von 14° bis 15° um 1,131 — 1,056 = 0,075, also für 1/10 Grad um 0,0075. Wäre die Temperatur des Quecksilbers vorhin nicht gerade 14°, sondern z. B. 14,6° gewesen, so hätte man für das Quecksilber nicht die Correction 1,056, sondern eine etwas größere (nämlich eine um 6 × 0,0075 vermehrte, also) 1,101 abziehen müssen. Aehnliches gilt für die Reductionen der Messingskale und für die zwischen 312''', 318''' u. s. w. liegenden Barometerhöhen.

§. 78. Da der Druck der atmosphärischen Luft von unten nach oben hin abnimmt, so läßt sich die Höhe eines Berges durch den Stand des Barometers bestimmen. Man beobachtet das Barometer am Fuße des Berges und dann auf dem Gipfel, oder es beobachten zwei Beobachter gleichzeitig, der eine auf dem Gipfel, der andere am Fuße des Berges. Aenderte sich die Temperatur der Atmosphäre nicht in der Richtung von unten nach oben, so ließ sich für das Sinken des Barometers beim Aufsteigen sehr einfach eine Formel ableiten. Die so erhaltene Formel kann jedoch eben wegen der Temperaturänderungen zwischen den beiden Standpunkten kein richtiges Resultat geben, und ihre Ableitung mag hier übergangen werden. Nur so viel sei noch bemerkt, daß, wenn man z. B. 73 Fuß steigen muß, damit das Quecksilber um 1 Linie, also von 28 Zoll auf 27 Zoll 11 Linien fällt, man höher als 73 Fuß, und zwar ungefähr 73,218 Fuß steigen muß, damit das Quecksilber wieder um 1 Linie (also auf 27 Zoll 10 Linien) sinkt. In je dünnerer Luft man sich befindet, desto mehr Fuße muß man sich erheben, damit das Quecksilber um eine Linie sinkt.

Die Höhe des Barometers ändert sich unter unseren Breiten sehr unregelmäßig; unter dem Aequator dagegen zeigt sie täglich zwei Maxima und zwei Minima. Daselbst steigt das Quecksilber gewöhnlich von 4 Uhr Morgens bis 10 Uhr Morgens, sinkt von da an bis um 4 Uhr Nachmittags, steigt von hier an wieder bis um 10 Uhr Abends, und sinkt wieder bis um 4 Uhr Morgens. Beobachtet man in unseren Breiten den Stand des Barometers zu allen Tageszeiten längere Zeit, und nimmt aus allen für eine jede Stunde gemachten Beobachtungen das arithmetische Mittel, so finden sich auch in diesen Breiten die regelmäßigen Aenderungen, wie unter dem Aequator, sehr nahe in denselben Tagesstunden.

§. 79. Taucht man eine an beiden Enden offene Glasröhre mit dem einen Ende in Wasser, so steigt das letztere in derselben eben so hoch, als es außerhalb der Röhre steht. Schließt man nun die obere Oeffnung dicht mit dem Finger, und hebt die Röhre aus dem Wasser heraus, so bleibt ein Theil Wasser in der Röhre zurück. Gegen das untere Ende der Wassersäule wirkt nämlich der ganze Atmosphärendruck, der, wie schon erwähnt, eine Wassersäule von 32 Fuß Höhe tragen kann, wenn über derselben sich gar keine Luft befindet. In dem eben angegebenen Versuche ist aber, wenn die Röhre nicht ganz untergetaucht wurde, noch Luft oberhalb des Wassers vorhanden, und diese Luft drückt auf dasselbe herabwärts. Je mehr sich die Luft aber ausdehnt, desto mehr verliert sie an Expansivkraft; sie wird folglich bei einer gewissen Ausdehnung auf die noch in der Röhre vorhandene Wassersäule einen so verminderten Druck ausüben, daß sie erst mit Hinzunahme der noch in der Röhre hängenden Wassersäule dem äußern Drucke das Gleichgewicht halten kann. Hat man die Röhre ganz in das Wasser getaucht und oben mit dem Finger geschlossen, um die äußere Luft abzuhalten, so wird die Röhre nach dem Herausheben auch gänzlich angefüllt bleiben, wenn sie nur nicht länger als 32 Fuß ist. — Da es völlig gleichgültig ist, wie weit die Röhre ist, so kann man anstatt der Röhre ein nach oben zu erweitertes, aber an beiden Enden enges Gefäß von der Gestalt in Figur 56 anwenden.

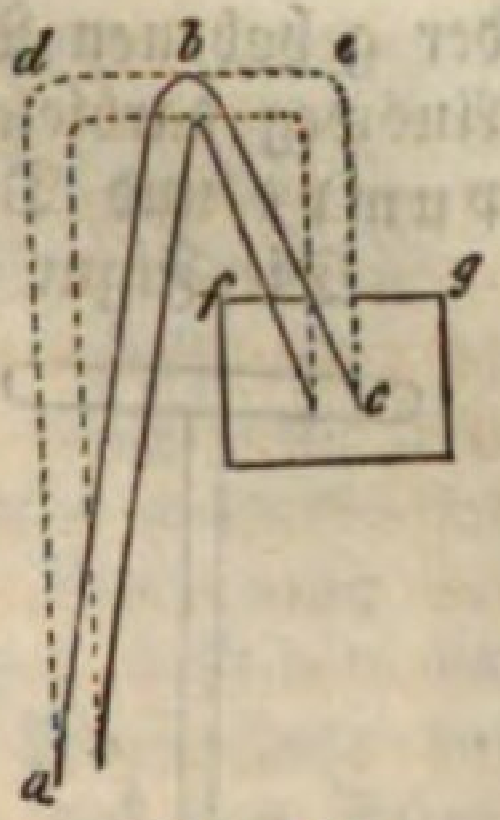


Figur 56.

Wenn auch in dem bauchigen oberen Theile eine größere Wassermasse enthalten ist, so ist der Druck derselben auf die untere Oeffnung doch nur eben so groß, als wenn das Gefäß überall eine der untern Oeffnung gleiche Weite hätte (§. 46). Man gebraucht einen solchen Apparat sehr oft, wenn es darauf ankommt, aus einem Fasse einen Theil der Flüssigkeit durch das Spundloch auszuheben, ohne das Faß zu erschüttern, und nennt ihn Stechheber. Anstatt diesen Stechheber in die Flüssigkeit bis auf eine bestimmte Tiefe unterzutauchen, kann man auch nur das untere Ende in dieselbe eintauchen, und an dem obern mittelst des festangedrückten Mundes die Luft aussaugen. Außen drückt dann der ganze Atmosphärendruck auf die Flüssigkeit, während in der Röhre auf dieselbe nur die verdünnte Luft wirkt. Es steigt folglich die Flüssigkeit so weit in die Höhe, bis daß die aufgestiegene Wassersäule zusammen mit dem Drucke der verdünnten Luft dem äußern Atmosphärendrucke das Gleichgewicht halten kann. Es heißt dieser Heber deßhalb auch wohl Saugheber; dieser Name wird jedoch meistens auf den zweischenkligen im folgenden Paragraph beschriebenen Heber angewendet.

Die Verengerung der Röhre am untern Ende ist nöthig, damit nicht durch Schwankungen die Luft zur Seite eindringen kann. Wer es vermöchte, ein mit Wasser gefülltes Trinkglas umzukehren und umgekehrt zu halten, ohne zu schwanken, der würde das sämmtliche Wasser durch den Luftdruck darin zurückgehalten sehen. Da dieß aber nicht möglich ist, so muß man, wenn man ein Trinkglas umkehren will, ohne daß das Wasser herausfließt, ein Stückchen nasses Papier darüberlegen, damit die Schwankungen vermieden werden, und die Luft nicht an einer Seite in die Höhe steige.

§. 80. Der zweischenklige Heber, Figur 57, besteht aus zwei ganz beliebig geformten, mit einander verbundenen Röhren, deren eine länger ist als die andere. Es ist diese Länge aber nur von dem vertikalen Abstande der untersten Punkte beider Röhren von ihrem höchsten Punkte zu verstehen



Figur 57.

Hätte der Heber die in Figur 57 mit Linien gezeichnete Figur abc, so würde er doch nur gleichbedeutend sein dem punktirt gezeichneten Heber ad ec, und die Wassersäule bc nur den Druck einer Säule ec ausüben.

Füllt man den Heber in der umgekehrten Stellung (mit den Oeffnungen a und c nach oben) durch die Oeffnung a gänzlich mit Wasser, indem man die Oeffnung bei c mit dem Finger verschließt, bringt denselben dann wieder in die in der Figur gezeichnete Lage abc, und öffnet die Röhre bei c, so wird alles im Heber befindliche Wasser durch die Oeffnung a ausfließen; selbst das Wasser in der Röhre bc fließt erst in die Höhe nach b, um durch a auszufließen. Die Erklärung dieser Erscheinung ist folgende, wobei der Einfachheit wegen die vertikale Höhe des Schenkels bc (also ec) 2 Fuß, und die des andern Schenkels ab (oder ad) 3 Fuß betragen mag. Gegen jede Oeffnung des Hebers drückt die ganze Atmosphäre, also ein Druck gleich einer Wassersäule von 32 Fuß. In dem Schenkel ab wirkt nun diesem Drucke von unten ein Druck einer 3 Fuß hohen Wassersäule entgegen; es bleibt also nur ein Druck von 32 — 3 = 29 Fuß gegen die Oeffnung a in der Richtung von unten nach oben übrig. In derselben Weise wird von dem gegen die Oeffnung c aufwärts wirkenden Atmosphärendrucke von 32 Fuß Wasserhöhe der Druck einer Wassersäule von 2 Fuß Höhe im Schenkel bc oder ec abzuziehen seyn, um den gegen die Oeffnung c noch übrig bleibenden Druck 32 — 2 = 30 Fuß zu erhalten. Gegen a wirkt also ein Druck von 29 Fuß, gegen c ein Druck von 30 Fuß; da nun beide einander entgegengesetzt sind, so wird der Druck gegen a ganz aufgehoben, und gegen c bleibt noch ein Druck von 1 Fuß Wasserhöhe übrig. Dieser ist es, der das Wasser in die Höhe und zur Oeffnung a hinaustreibt. Da 1 Fuß gerade der Unterschied in der vertikalen Länge beider Schenkel ist, so sieht man, daß der Wasserdruck, welcher den Heber zum Fließen bringt, gleich ist einer Wassersäule, welche zu ihrer Höhe die Differenz der beiden Schenkel hat.

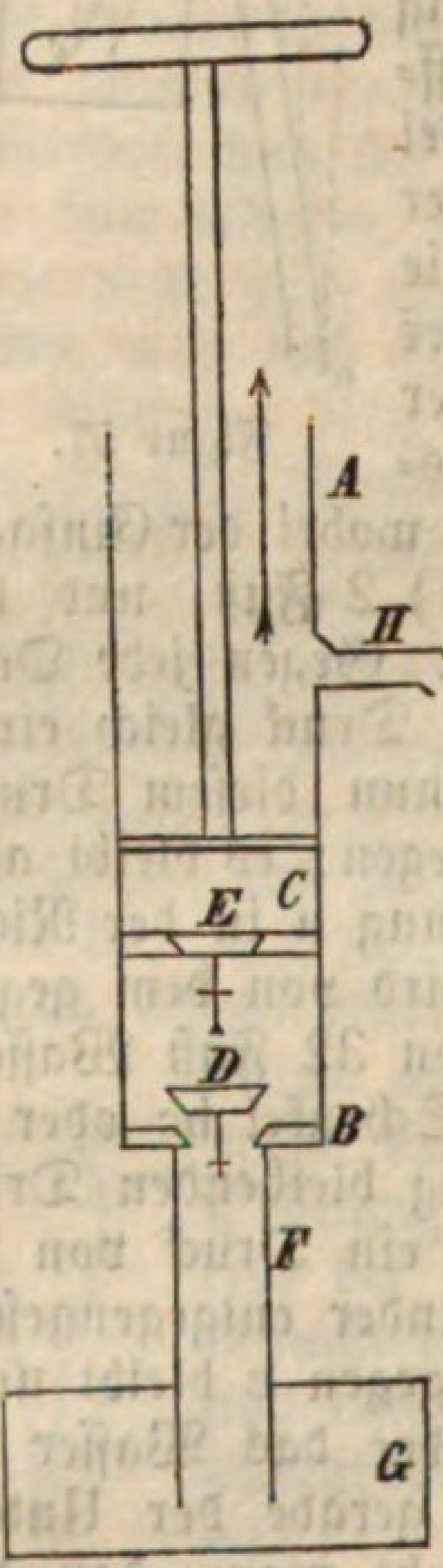
Bringt man den kürzern Schenkel in das mit Wasser gefüllte Gefäß fg, so drückt die Atmosphäre nicht unmittelbar gegen den kürzern Schenkel, sondern zunächst auf die Oberfläche des Wassers in dem Gefäße; dieser Druck pflanzt sich aber sogleich auf die Oeffnung fort. Es ist also der Druck auf die Flüssigkeit im Gefäße auch so viel geringer als gegen die Oeffnung a, als letztere sich unter dem Niveau des Wassers im Gefäße fg befindet. Das Wasser im Gefäße wird mit einem diesem Höhenunterschiede entsprechenden Drucke durch den Heber getrieben, der so lange fließt, als sein Ende c noch unter Wasser steht.

Man braucht den Heber nicht erst vorher in umgekehrter Lage zu füllen, sondern kann ihn gleich mit dem kürzern Ende in die Flüssigkeit einsetzen, und durch Ansaugen am längern Schenkel mit dem Munde füllen. Soll eine Flüssigkeit, wie z. B. Schwefelsäure, in dem Heber durch Ansaugen zum Fließen gebracht werden, so muß in der Nähe der Oeffnung a noch eine dritte nach oben gewendete Glasröhre angebracht sein. Man schließt dann während des Ansaugens an dieser Röhre die untere Oeffnung a mit dem Finger, und öffnet dieselbe, sobald man die Schwefelsäure im untern Ende der Röhre sieht; in diesem Augenblicke hört man auch auf zu saugen.

§. 81. Das Ansaugen einer Röhre kann auch mit Hülfe eines Kolbens geschehen, der in der Röhre sich luftdicht auf- und abschieben läßt. Fügt man zu einer solchen Vorrichtung noch zwei Ventile, welche das Zurücksinken

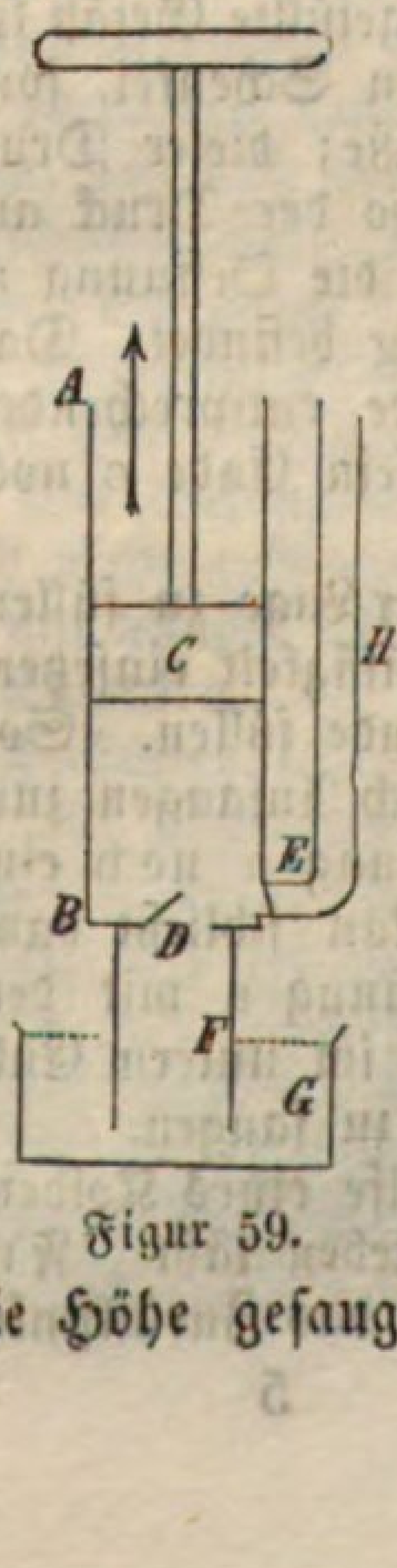
der gehobenen Wassersäule verhindern, und derselben zugleich einen andern Ausweg darbieten, so hat man eine **Pumpe**. Man unterscheidet **Saugpumpe** und **Druckpumpe**.

Die Figur 58 stellt eine Saugpumpe vor. In der Röhre AB (dem sogenannten Pumpenstiefel) läßt sich luftdicht der Kolben C auf- und abbewegen. Im Boden dieser Röhre und ebenso im Boden des Kolbens C finden sich zwei Ventile, D und E, d. h. Vorrichtungen, welche dem Wasser den Durchgang nach oben gestatten. Unterhalb der Oeffnung im Boden findet sich eine Röhre (Saugröhre genannt) F, welche in einen mit Wasser gefüllten Behälter G mündet. Wird der Kolben C in die Höhe gezogen, so entsteht zwischen dem Boden des Pumpenstiefels und zwischen dem Kolben ein luftleerer Raum; das Ventil im Kolben E wird erstens durch sein eigenes Gewicht, und dann zweitens durch den Druck der äußern Atmosphäre fest niedergedrückt und geschlossen gehalten, das untere Ventil D dagegen muß sich öffnen, weil sein Gewicht durch den Druck der darunter befindlichen Flüssigkeit aufgehoben wird. Auf das Wasser im Gefäße G drückt nämlich der Druck der ganzen Atmosphäre, während aus dem Pumpenstiefel die Luft größtentheils entfernt ist; die noch in der Röhre F vorhandene Luft sammt dem darin befindlichen Wasser steigt deßhalb durch die geöffnete Ventilöffnung bei D in den Pumpenstiefel. Sobald der Kolben seinen Aufgang vollendet hat, fällt das Ventil D durch sein eigenes Gewicht zu, und versperrt der im Stiefel befindlichen Flüssigkeit den Rückweg. Wird der Kolben herabgedrückt, so muß die Flüssigkeit das im Kolben C befindliche Ventil E nach oben öffnen, und durch dasselbe sich über den Kolben begeben. Auf die angegebene Weise setzt sich das Spiel der beiden Ventile fort; das untere Ventil öffnet sich stets, wenn der Kolben steigt, während das obere beim Niedergange desselben sich öffnet. Bei jeder Aufwärtsbewegung des Kolbens steigt Wasser in den Pumpenstiefel, und bei jedem Niedergange begibt es sich über den Kolben. Das über dem Kolben befindliche Wasser wird nun immer höher und höher gehoben, bis es zuletzt durch die Röhre H ausfließen kann.



Figur 58.

§. 82. Befindet sich bei einer Pumpe, Figur 59, das eine Ventil D zwar im Boden, das zweite E jedoch in einer an dem Pumpenstiefel angebrachten Seitenröhre H (Druckröhre genannt), so heißt der Apparat eine Druckpumpe, oder auch eine Saug- und Druckpumpe. AB ist wieder der Pumpenstiefel, C der Kolben, der aber jetzt kein Ventil besitzt, D ist das Ventil im Boden des Stiefels, und E das Ventil in der Druckröhre H. Ist die Saugröhre F sehr kurz, oder auch gar nicht vorhanden, so daß der Stiefel mit seinem untern Ende unmittelbar in der Flüssigkeit steht, so heißt die Pumpe eine Druckpumpe; ist aber F länger, so daß das Wasser durch diese Röhre in die Höhe gesaugt wird, so heißt sie eine Saug- und Druckpumpe. Die



Figur 59.

Wirkung dieser Pumpe ist nach der Erklärung der einfachen Saugpumpe sehr leicht einzusehen. Wird der Kolben C in die Höhe gezogen, so entsteht im Stiefel unterhalb des Kolbens ein leerer Raum, und das Wasser im Gefäß G wird in Folge des äußern Atmosphärendruckes durch die Röhre F und durch das geöffnete Ventil D in den Stiefel getrieben. Geht jetzt der Kolben wieder herab, so schließt sich das Ventil D, und durch den Druck des Wassers öffnet sich das Ventil E; das Wasser tritt also während des Niederganges des Kolbens in die Druckröhre H. Ist der Niedergang des Kolbens vollendet, so schließt sich während des Aufganges desselben das Ventil E durch den auf ihm lastenden äußern Druck (der Wassersäule und der Atmosphäre), und es öffnet sich wieder das Ventil D, um den Stiefel von Neuem mit Wasser zu füllen u. s. f.

Die gewöhnlichen Feuerspritzen sind solche Druckpumpen; es stehen gewöhnlich, Figur 62, zwei Pumpenstiefel neben einander, deren Kolben durch einen langen Hebel abwechselnd auf- und abbewegt werden. Der Wasserstrahl der Spritze würde aber bei dieser Einrichtung nach jedem Hube unterbrochen werden; um ihn zusammenhängend aus der Oeffnung des Rohres zu treiben, muß noch ein sogenannter Heronsball (s. §. 84) hinzugefügt werden.

Mit Hülfe des Saugrohres an einer Pumpe läßt sich höchstens eine Wassersäule von 32 Fuß heben. Die Pumpe eines Florentinischen Gärtners, der eine höhere Wassersäule durch Ansaugen mittelst der Pumpe heben wollte, gab kein Wasser; diese Erfahrung wurde dem Galilei mitgetheilt, und gab später dessen Schüler Torricelli die Veranlassung zur Construction des Barometers, indem derselbe den Versuch des Florentinischen Gärtners mit Quecksilber anstatt des Wassers wiederholte (s. Torricellischen Versuch in §. 71).

§. 83. Die Ventile bestehen bei den Wasserpumpen entweder aus metallenen Kegeln, welche in eine entsprechende kegelförmige Oeffnung passen, und durch ein vorgestecktes Querstück an dem gänzlichen Heraustreten aus der Oeffnung gehindert werden, oder aus zwei starken messingenen runden Scheiben, welche auf die beiden Seiten eines Stückes Leder aufgeschraubt sind. Die untere dieser beiden Platten ist so groß, daß sie in die Oeffnung, welche das Ventil verschließen soll, sich einlegt, während die obere mit ihrem Rande und zugleich mit dem Leder über die Oeffnung hinausragt. Das Leder dient, um den Anschluß des Ventiles auf den Rand der Oeffnung möglichst dicht und vollständig zu machen, zugleich hat es aber an der einen Seite noch einen Fortsatz, der festgenagelt oder fest eingekeilt wird, damit das ganze Ventil sich um diese Seite wie um ein Charniergelenk auf- und abwärts bewegen kann.

Die Kolben müssen dicht an die Wände des Stiefels anschließen. Um dieß zu bewirken, wird der untere Theil der Kolbenstange einer Saugpumpe etwas dick gearbeitet, so daß er ziemlich die Oeffnung des Stiefels ausfüllt. Dann wird in eine am unteren Ende des Kolbens ausgedrehte Nuth ein Stück sehr starkes, zu einem etwas kegelförmigen Mantel zusammengenähetes Sohlleder so fest genagelt, daß der weitere Theil nach oben gerichtet ist. Eine solche Kolbenliederung legt sich beim Aufgange des Kolbens sehr dicht an die Wände an, und wird durch die über dem Kolben befindliche Wassersäule um so stärker gegen die Wände des Stiefels gedrückt, je mehr der von oben wirkende Druck den von unten wirkenden übertrifft. Beim Niedergange wird dieselbe weniger dicht schließen; dann ist der Schluß bei der Saugpumpe an dieser Stelle auch nicht nöthig, weil das Wasser durch das Ventil im Kolben über denselben steigt. Wollte man eine solche Liederung bei einer

Druckpumpe anbringen, so müßte das Leder oben angenagelt, und nach unten zu weiter sein; soll sie aber bei einer Saug- und Druckpumpe ihre Dienste nicht versagen, so müssen auf dem untern Theile der Kolbenstange zwei solche Stücke Leder nahe über einander genagelt werden, das eine mit dem freien Rande nach oben, das andere nach unten gerichtet; das erstere bewirkt dann wasserdichten Schluß bei dem Drücken, das zweite beim Saugen.

Man kann ferner einen Kolben, wenn der Stiefel der Pumpe sehr gut cylindrisch ausgeschliffen ist, aus Lederscheiben verfertigen. Diese Lederscheiben werden auf eine Achse aufgesteckt, durch eine mit einer Schraube versehene starke Messingplatte gegen eine auf der andern Seite befindliche starke Messingplatte sehr fest zusammengedrückt, und dann auf der Drehbank genau bis zum Durchmesser des Cylinders abgedreht. Bei Druck- oder Saug- und Druckpumpen kann auch der Kolben aus einem vollkommen abgedrehten metallischen Cylinder bestehen, der nur an seiner Eintrittsstelle in den Pumpenstiefel durch eine Art Stopfbüchse (durch fest gegen den Kolben und gegen den Rand des Pumpenstiefels angedrückte, mit Talg bestrichene geflochtene Hanfseile, Lederschnitzel u. dgl.) wasserdicht schließt.

Eine ganz eigenthümliche Art von Pumpen hat in neuerer Zeit Repsold bei den von ihm construirten Feuerspritzen angewendet, deren nähere Erläuterung aber zu lange aufhalten würde.

§. 84. Wasser steigt in den Röhren nicht nur, wenn auf der einen Seite ein leerer Raum gebildet wird; es muß jedesmal steigen, sobald die Drucke auf verschiedene Punkte seiner Oberfläche ungleich sind. Dieß beweist der sogenannte Heronsball (Fig. 60).

Er besteht aus einer gläsernen oder metallenen Flasche, welche auf ihrem Boden etwas Wasser, und über demselben comprimirte Luft enthält.



Fig. 60.

(Die Luft kann entweder mittelst der gleich nachher anzugebenden Compressionspumpe, oder auch durch Einpressen mittelst des Mundes verdichtet worden sein.) In das Wasser hinein geht nun die Oeffnung einer Röhre, durch welche dasselbe mit einer dem Drucke der comprimirten Luft entsprechenden Gewalt herausgetrieben wird. Die einfachste Vorrichtung dieser Art läßt sich anfertigen, wenn man einen Kork D durchbohrt, in die Durchbohrung desselben eine enge Glasröhre C einsetzt, und mit diesem Korke die Oeffnung der Flasche A luftdicht verschließt. Bläst man durch die Oeffnung in C Luft in die Flasche, so drückt auf die Wasseroberfläche B im Innern der Flasche die comprimirte Luft, in der Röhre C aber nur die Atmosphäre; es muß folglich das Wasser in der Röhre mit einer dem Ueberschusse des innern Druckes über den Druck einer Atmosphäre entsprechenden Kraft in die Höhe getrieben werden.

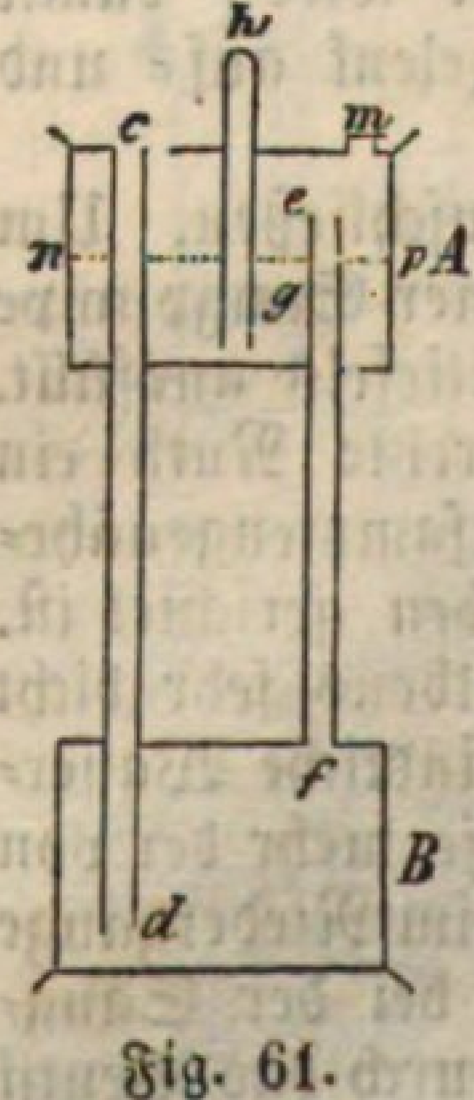


Fig. 61.

Wenn man die Luft über dem Wasser im Gefäße nicht durch Hineintreiben von anderer Luft, sondern einfach durch den Druck des Wassers comprimirt, so hat man den sogenannten Heronsbrunnen (Fig. 61). Er besteht aus 2 Gefäßen A und B, welche mehrere Röhren enthalten. Die Röhre cd geht vom Deckel des obern Gefäßes bis nahe über den Boden des untern; die Röhre ef geht von dem Deckel des untern Gefäßes bis nahe unter den Deckel des obern Gefäßes; die dritte Röhre hg endigt

nahe über dem Boden des obern Gefäßes. Durch eine Oeffnung m wird das obere Gefäß bis zur Höhe np mit Wasser gefüllt. Nachdem die Oeffnung m wieder luftdicht geschlossen ist, gießt man Wasser auf den schüsselförmigen Deckel des obern Gefäßes, das Wasser fließt durch die Röhre cd hinab in das untere Gefäß, comprimirt in demselben die Luft, indem es dieselbe auf einen kleinen Raum beschränkt, und diese Compression theilt sich durch die Röhre ef der Luft über dem Wasser im obern Gefäße mit. Auf die Oberfläche dieses Wassers np wirkt nun der Druck der Luft, der durch die comprimirende Wassersäule cd und durch die auf c lastende Atmosphäre erzeugt wird, während auf das Wasser innerhalb der Röhre hg die Atmosphäre allein drückt. Es wird folglich das Wasser mit dem Ueberschusse des Druckes im Innern des Gefäßes (der also der Höhe der Wassersäule cd entspricht) in der Röhre hg in die Höhe getrieben. Das zur Oeffnung h wie bei einem Springbrunnen in einem Strahle heraustretende Wasser fällt auf den schüsselförmigen Deckel und fließt durch die Röhre cd nach und nach in das untere Gefäß. Das Emportreiben des Wasserstrahles dauert fort, bis alles Wasser aus dem obern Gefäße herausgetrieben, und in das untere übergegangen ist.

Der Heronsball findet seine Anwendung bei allen mit Kolben versehenen Wasserpumpen, welche das Wasser in einem gleichmäßigen Strahle liefern sollen, also auch, wie oben schon erwähnt wurde, bei den Feuerspritzen. Bei den Feuerspritzen (Fig. 62). stehen in einem festen hölzernen Kasten gewöhnlich zwei Druckpumpen A und A' neben einander. Soll nun eine Spritze ununterbrochen einen gleichmäßigen Wasserstrahl liefern, so münden die beiden Druckröhren a und a' nicht gleich in das Ausgußrohr, sondern zunächst in ein starkes kugelförmiges Gefäß C, das Luft enthält. Nahe am Boden desselben befindet sich die untere Oeffnung f des Ausgußrohres fg. Wenn durch die Druckröhren a und a' der Windkessel C bis auf die Höhe f mit Wasser gefüllt ist, so kann die über demselben befindliche Luft nirgends entweichen; beim Einpressen neuer Quantitäten von Wasser muß sie sich, weil das Wasser nicht augenblicklich durch das enge Ausgußrohr fg entweichen kann, zusammenpressen. Wenn dann auch die Druckröhren in den kleinen Zeiträumen, in welchen die aufwärts steigende Bewegung der Kolben in die niedersteigende übergeht, kein Wasser liefern, so wird dennoch der Wasserstrahl, der aus g sich erhebt, nicht unterbrochen werden, weil die über der Wasserfläche im Innern des Windkessels stark verdichtete Luft das Wasser durch die Röhre fg hinaustreibt. Man kann auch geradezu sagen, das Wasser, welches durch die Druckröhren a und a' eintritt, dient nur, um die Luft in C zu comprimiren, und die comprimirte Luft treibt dann wie im Heronsball das Wasser hinaus. Das fortgesetzte Pumpen ersetzt das ausgeflossene Wasser und erhält den Druck der Luft auf gleicher Stärke.



Fig. 62.

§. 85. Das Bestreben der Luft, sich stets auf einen größern Raum auszudehnen, läßt sich anwenden, um in einem gegebenen Raume die Luft sehr stark zu verdünnen. Die Maschinen, mit welchen diese Verdünnung

sich leicht ausführen läßt, heißen Luftpumpen; ihr Erfinder ist Otto v. Guericke.

Ebenso wie bei den Wasserpumpen Oeffnungen nöthig waren, die zu bestimmten Zeit n regelmäßig geöffnet und geschlossen werden mußten, so sind auch bei den Luftpumpen solche Oeffnungen vorhanden, welche der Luft erst einen Durchgang gewähren, und dann wieder versperren. Dieses Letztere kann auf zweifache Weise geschehen, indem man an zweckmäßigen Stellen entweder Hähne, welche mit der Hand oder durch eine besondere Vorrichtung der Maschine gedreht werden, oder Ventile, welche sich durch ihre eigene Elasticität wieder schließen, anbringt. Man unterscheidet hiernach Hahnluftpumpen und Ventilluftpumpen.

Jede Luftpumpe, Fig. 63, besteht zunächst aus einem sehr gut ausgeschliffenen, messingenen Cylinder B, in welchem sich ein aus Lederscheiben verfertigter, sehr genau abgedr.h-ter und gerade die Oeffnung des Cylinders ausfüllender Kolben A mittelst einer Stange auf- und abschieben läßt. Bei kleinern Kolben geschieht die Bewegung des Kolbens durch Ziehen und Drücken mittelst der Hand, bei größern dagegen durch eine gezahnte Stange, in welche ein kleines, mit einer Kurbel versehenes, gezahntes Rad eingreift. Vom Boden des hohlen Cylinders oder Stiefels geht eine engere Röhre C ab, welche in der Mitte einer ebenen Scheibe D mündet. Auf diese Scheibe oder diesen Teller D wird die Glocke, in welcher die Luft verdünnt werden soll, der sogenannte Recipient E aufgesetzt.

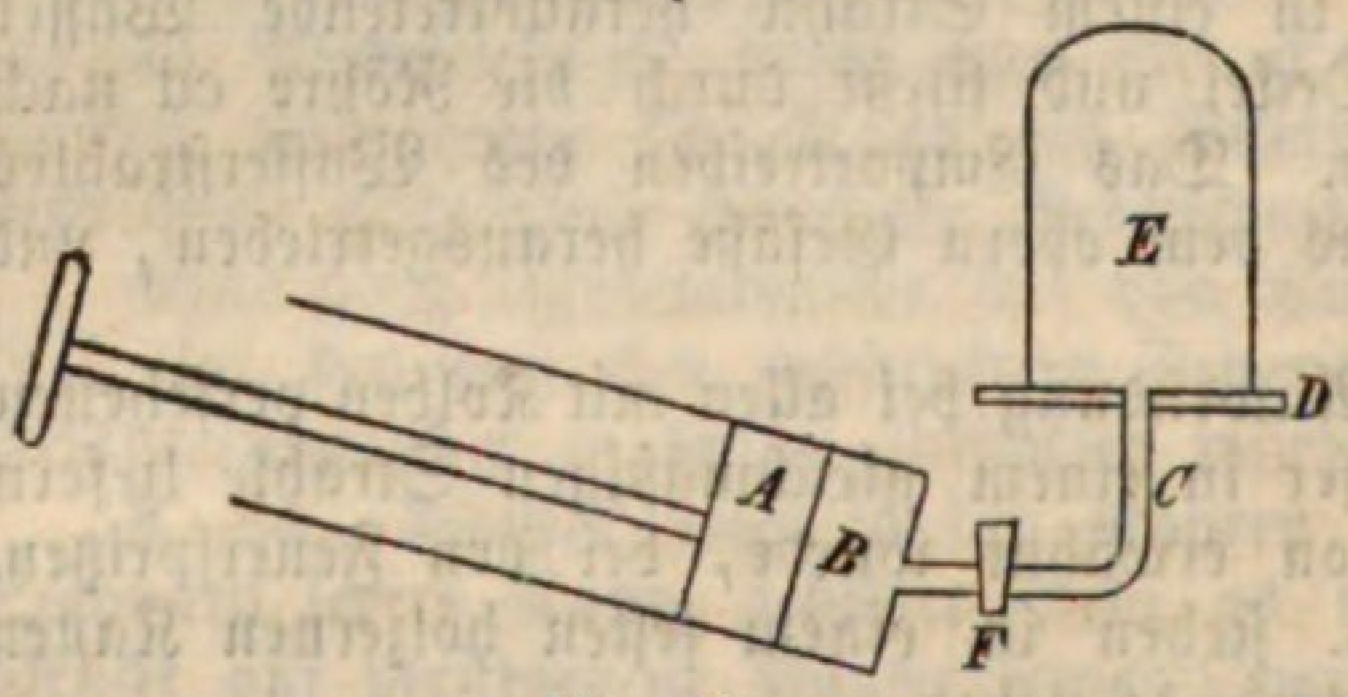


Fig. 63.

Bei den Hahnluftpumpen findet sich nun in der Röhre C sehr nahe am Boden des Stiefels ein Hahn, der auf eine eigenthümliche Weise doppelt durchbohrt ist, und nach seinem Erfinder den Namen des Senguerd'schen Hahnes führt. Der Hahn ist nämlich einmal in querer Richtung von a nach b durchbohrt, und beide Oeffnungen dieser Durchbohrung passen grade auf die Oeffnungen in der Röhre C, wenn der Hahn in dieselbe bei F eingesetzt wird, wie es die vergrößerte Zeichnung, Fig. 64, im Durchschnitte darstellt; degh ist das Stück der Röhre C, in welches der Hahn eingesetzt wird. Steht der Hahn in dieser Stellung, so hat die Luft aus dem Recipienten zu dem Stiefel, und umgekehrt, völlig freien Zutritt. Der Hahn ist dann aber zweitens noch schief von der Seite nach oben (oder nach unten) hin durchbohrt, wie es die Fig. 65 und 66. zeigen; dieselben stellen einen Schnitt durch den Hahn vor, der mit dem Durchschnitte in vorhergehender Fig. 64 einen rechten Winkel bildet. m zeigt also die Mitte der durchschnittenen Oeffnung ab der vorhergehenden Fig. 64. In derselben Höhe nun, in welcher die beiden Oeffnungen a und b (oder m) sich finden, ist um ein Viertel des Umfangs des Hahnes von a und b abstehend ein Kanal angesetzt, der bei n anfängt, und sich schief nach oben wendend bei p ausmündet. Wird der Hahn aus

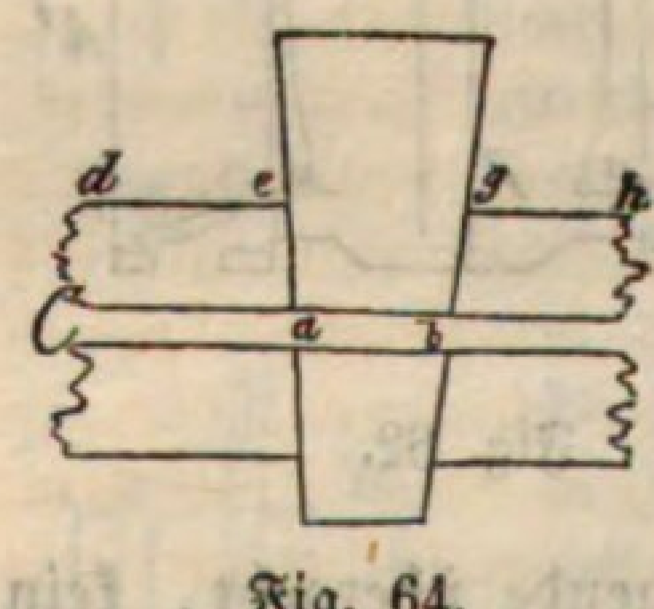


Fig. 64.

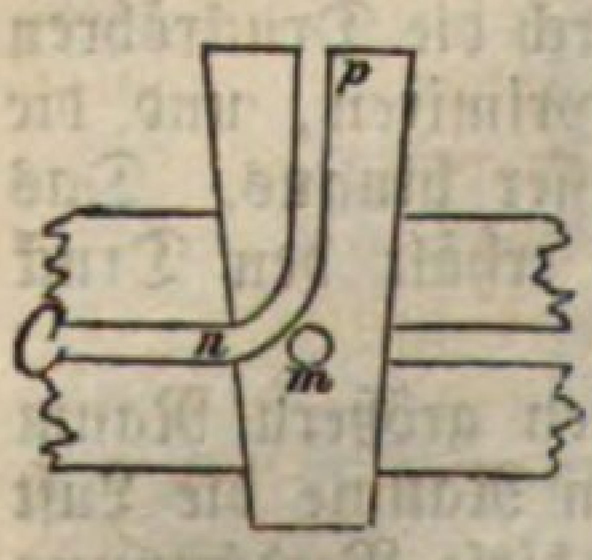


Fig. 65.

der in der vorhergehenden Fig. 64 gezeichneten Stellung um einen rechten Winkel gedreht, so passen nicht mehr a und b auf die Oeffnungen in der Röhre C, sondern auf eine derselben kommt jetzt gerade die Oeffnung n zu stehen, also z. B. auf diejenige, welche nach dem Stiefel hin liegt, wie es in Fig. 65 angedeutet ist. In dieser Stellung des Hahnes hat die Luft im Stiefel freie Verbindung mit der atmosphärischen Luft, indem sie durch den Kanal pn aus- und eintreten kann. Die Luft unter dem Recipienten ist aber von jedem andern Raume gänzlich abgesperrt, weil sich vor der Oeffnung in der Röhre C jetzt ein solider Theil des Hahnes befindet. Wird dagegen der Hahn aus derjenigen Stellung, welche er jetzt einnimmt, um 180°, oder um einen halben Kreisumfang gedreht, Fig. 66, so stellt sich die Oeffnung n, welche vorher nach dem Stiefel gewendet war, nach dem Recipienten hin, und durch den Kanal pn ist die Luft unter dem Recipienten mit der äußern Atmosphäre in Verbindung, während der innere Raum des Stiefels gänzlich abgesperrt ist. Der Kürze wegen sollen die angegebenen drei Stellungen des Hahnes der Reihe nach, als erste, zweite und dritte Stellung angeführt werden; die erste Stellung setzt die Luft im Recipienten in Verbindung mit dem Stiefel und hindert jede Verbindung beider mit der Atmosphäre, die zweite setzt den Stiefel mit der Atmosphäre in Verbindung und sperrt die Luft im Recipienten gänzlich ab, die dritte setzt die Luft im Recipienten mit der Atmosphäre in Verbindung und sperrt den Raum im Stiefel ab. Nach der genauen Kenntniß des Hahnes ist es leicht, die einzelnen Bewegungen an der Pumpe, welche bei der Verdünnung der Luft im Recipienten nöthig sind, ausfindig zu machen.

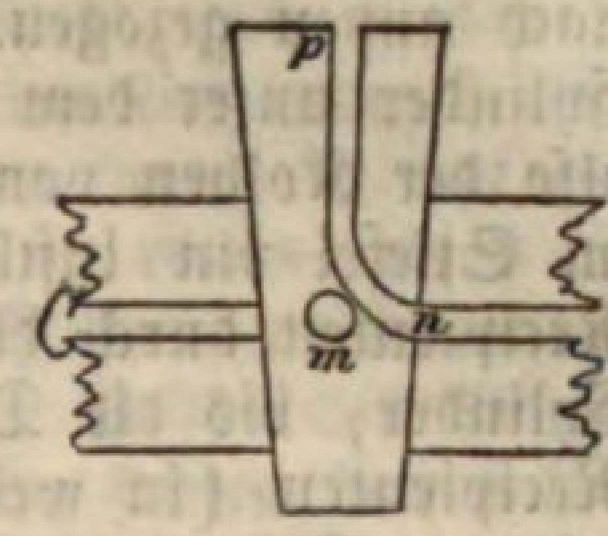


Fig. 66.

§. 86. Damit der Recipient E, welcher gewöhnlich aus einer gläsernen Glocke besteht, genau auf den Teller D paßt, muß der Rand der Glocke auf einer ebenen Fläche abgeschliffen seyn, und der Teller D selbst eine vollkommene Ebene bilden. Der Teller besteht bei ältern Pumpen sehr oft aus Messing; billiger und zugleich dauerhafter ist es, die obere Seite des Tellers mit einer mattgeschliffenen Spiegelplatte (deren Amalgam natürlich abgeschabt wurde) zu belegen; mittelst einer nicht hohe Temperaturen zur Schmelzung erfordernden Harzmasse läßt sich die Glasplatte leicht auf dem Metall befestigen. Um einen völlig dichten Anschluß des Recipienten an den Teller zu erreichen, bestreicht man den untern Rand der Glocke mit ein wenig Talg, oder auch mit einer etwas härtern, aus Wachs und Talg zusammengeschmolzenen, Masse. Wenn der Teller nur aus Messing besteht, und nicht sorgfältig nach dem Gebrauche von dem Talge gereinigt wird, so leidet seine ebene Oberfläche, nnd man ist dann genöthigt, unter den Rand der Glocke noch einen mit Talg getränkten Lederring zu legen, um so einen luftdichten Anschluß zu erlangen. Dieser Uebelstand wird durch die Belegung des Tellers mit einer Glasplatte gänzlich vermieden. — Der Senguerd'sche Hahn, der in die Röhre C genau eingeschliffen ist, wird des bessern Schließens wegen ebenfalls mit der Mischung aus Talg und Wachs eingerieben. — Um die Bewegung des Kolbens im Cylinder zu erleichtern, wird derselbe mit reinem, guten Baumöl, oder noch besser, mit gutem Klauenfett (Kuhpfotenöl) eingeschmiert.

§. 87. Soll nun mittelst der so vorgerichteten Maschine die Luft verdünnt werden, so wird der Kolben auf den Boden des Stiefels geschoben, der Recipient aufgesetzt und fest angedrückt, der Hahn in die erste Stellung

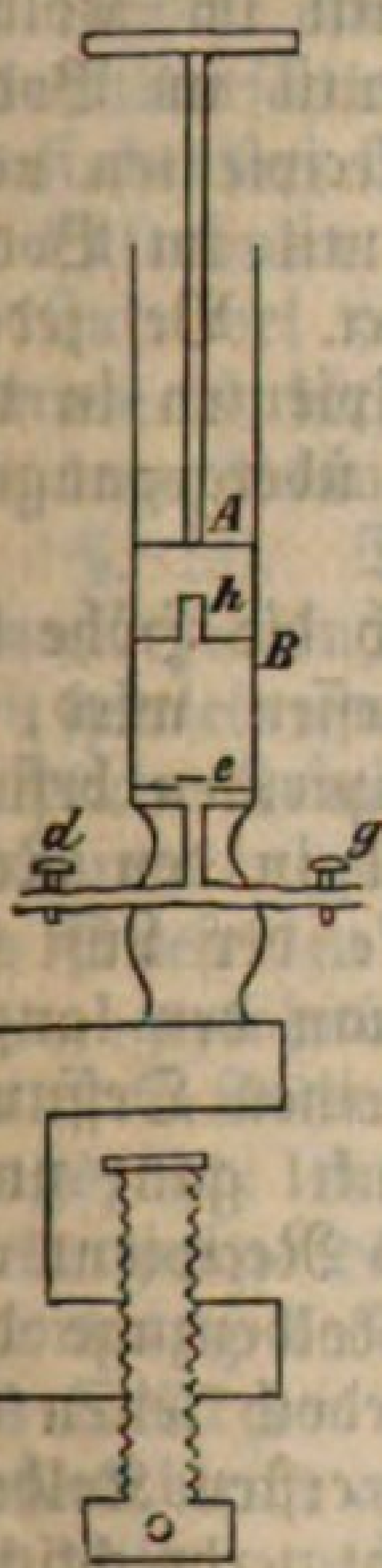
gebracht, und dann der Kolben mittelst der Hand oder der gezähnten Stange nach außen gezogen. In der ersten Stellung des Hahnes ist der Raum im Cylinder unter dem Kolben in Verbindung mit dem Recipienten. Sobald also der Kolben vom Boden des Stiefels aus in die Höhe geht, so entsteht im Stiefel ein luftleerer Raum, und ein Theil der Luft strömt aus dem Recipienten durch die Röhre C und durch den Senguerd'schen Hahn in den Cylinder, bis die Dichtigkeit der Luft im Cylinder ebenso groß ist, als im Recipienten (in welchem sie eben durch die Ausdehnung der Luft geringer wird). Sodann dreht man den Hahn in die zweite Stellung, und schiebt den Kolben wieder nach dem Boden des Cylinders hin. Da der Raum im Stiefel bei der zweiten Stellung des Hahnes in Verbindung mit der Atmosphäre ist, so schiebt der Kolben bei seinem Herabgehen (oder Vordringen in dem Stiefel) die Luft im Stiefel vor sich her, und treibt sie aus demselben gänzlich heraus, wenn er den Boden erreicht. Da nach dem Aufziehen des Kolbens im Stiefel sich nur eine verdünnte Luft befindet, so wird beim Einstellen des Hahnes in die zweite Stellung augenblicklich eine Quantität atmosphärischer Luft durch den Kanal np (im Hahne) in den Stiefel bringen, weil der Druck außen stärker ist, als innen. Auch diese Luft wird durch den Kolben bei seinem Niedergange wieder aus dem Stiefel entfernt. Der Recipient ist unterdeß gänzlich abgesperrt gewesen, und enthält nur verdünnte Luft. Wird, nachdem der Kolben den Boden des Stiefels erreicht hat, der Hahn wieder in die erste Stellung zurückgedreht, und der Kolben wieder in dem Stiefel in die Höhe gezogen, so vertheilt sich die noch im Recipienten vorhandene verdünnte Luft auf den leer werdenden Raum im Stiefel, und verringert sich in ihrer Dichtigkeit von Neuem. Man fährt nun fort, den Hahn in die zweite Stellung zu drehen, den Kolben im Stiefel herunter zu schieben, um die Luft aus demselben zu entfernen, den Hahn wieder in die erste Stellung zu bringen u. s. f. Man sieht, daß nach jedem Kolbenzuge die Dichtigkeit der Luft unter dem Recipienten geringer wird, kann sich aber auch durch eine einfache Rechnung gleich überzeugen, daß der Raum unter dem Recipienten niemals völlig luftleer werden kann, selbst wenn kein weiteres Hinderniß an der Pumpe vorhanden wäre.

Es betrage z. B. der leere Raum, welcher durch das Aufziehen des Kolbens im Stiefel entsteht, und der vom Recipienten aus mit Luft gefüllt wird, grade so viel, wie der Rauminhalt des Recipienten. Nach dem ersten Kolbenzuge muß dann die Luft unter dem Recipienten sich auf einen doppelt so großen Raum ausbreiten; dadurch wird aber ihre Dichtigkeit gerade auf die Hälfte (wie später bewiesen werden wird) reducirt. Nach dem zweiten Kolbenzuge hat sich die Luft, deren Dichtigkeit die Hälfte der ursprünglichen war, wieder auf den doppelten Raum ausgedehnt, und also ihre Dichtigkeit wieder um die Hälfte, d. h. bis auf $1/4$ der ursprünglichen verringert. Nach dem dritten Kolbenzuge ist die Dichtigkeit dann noch $1/8$ u. s. f. Es kann also die Dichtigkeit, da sie sich nach jedem Kolbenzuge nur auf die Hälfte reducirt, niemals Null werden; dieß könnte erst nach unzählig vielen Kolbenzügen eintreten. Wenn das Verhältniß des Stiefels zum Recipienten hinsichtlich ihrer Größe ein anderes ist, so läßt sich eine gleiche Schlußweise anwenden.

Drehet man den Hahn in die dritte Stellung, so wird der Recipient mit der atmosphärischen Luft in Verbindung gesetzt, und die letztere dringt mit großer Gewalt in den nur verdünnte Luft enthaltenden Raum des Recipienten ein.

§. 88. Die Ventilluftpumpe (Fig. 67) gleicht ganz einer gewöhnlichen

Saugpumpe; sie hat in dem Boden des Stiefels B und in dem Kolben A ein Ventil, das sich an beiden Stellen nach außen hin öffnet. Damit der Druck der Luft, namentlich zuletzt, wenn sie schon verdünnt ist, das Ventil öffnen kann, so hat man dasselbe möglichst leicht herzustellen. Man construirt es deßhalb ganz einfach aus einem Streifchen Blase oder Wachstaffet, das über eine kleine runde Oeffnung im Boden des Stiefels e, und im Kolben h ausgespannt und an seinen beiden Endpuncten befestigt wird. Wenn der Luftdruck von der untern Seite (also von der Seite des Recipienten her) stärker ist, als von der entgegengesetzten, so hebt derselbe das ausgespannte Stückchen Wachstaffet ein wenig in die Höhe; die stärker drückende Luft kann folglich durch das Ventil strömen. Wenn dagegen der Luftdruck von oben (von der Seite der Kolbenstange her) stärker ist, als von unten, so drückt der Ueberschuß desselben den Wachstaffet dicht gegen die Oeffnung, und dieser Anschluß wird um so dichter, je größer der von oben wirkende Druck ist, so daß kein Theilchen der comprimirten Luft durch das Ventil zu dringen vermag. In allen übrigen Theilen gleicht die Ventilluftpumpe der vorher beschriebenen Hahnluftpumpe. Die in Fig. 67 gezeichnete Luftpumpe ist eine kleine Handluftpumpe, welche durch die am untern Ende befindliche Schraube an einem Tische befestigt wird. Die beiden Verlängerungen d und g dienen, um mittelst Kautschoukröhren Glasröhren luftdicht anzubinden. Sie wird in dieser Form häufig bei organischen Analysen angewendet.



Figur 67.

Um mittelst der Ventilluftpumpe die Luft in dem auf dem Teller befindlichen Recipienten zu verdünnen, genügt es, den Kolben mittelst der Hand oder der angebrachten Kurbel auf- und niederzubewegen. Befindet sich nämlich der Kolben am Boden des Stiefels, und wird er mittelst der an ihm befestigten Stange aufwärts gezogen, so entsteht zwischen ihm und dem Boden des Stiefels ein luftleerer Raum; auf das am Boden des Stiefels befindliche Taffetventil drückt nun von der Seite des Recipienten her der Druck einer ganzen Atmosphäre, während auf der andern Seite (des luftleeren Raumes) sich gar kein Druck zeigt. Es hebt also die in der Verbindungsröhre (des Stiefels mit dem Recipienten) enthaltene Luft das Ventil ein wenig in die Höhe, und vertheilt sich dann gleichmäßig über den Raum in dem Stiefel und dem Recipienten. Hört die Aufwärtsbewegung des Kolbens auf, und hat sich die Luft gleichmäßig auf den Stiefel und den Recipienten vertheilt, so legt sich das Ventil durch seine Elasticität wieder auf die kleine Oeffnung der Verbindungsröhre; wird darauf der Kolben in dem Stiefel hinuntergeschoben, so preßt er die in demselben enthaltene Luft zusammen. Das Ventil im Boden des Stiefels e erleidet jetzt von der Seite des Recipienten her nur den Druck einer verdünnten Luft, von der Seite des Stiefels dagegen den Druck einer verdichteten, und bleibt folglich geschlossen. Das Ventil im Boden des Kolbens h, das sich gleichfalls nach außen öffnen kann, erleidet von außen stets den Druck der Atmosphäre, von innen beim Aufgange des Kolbens nur den Druck der aus dem Recipienten hereingetretenen verdünnten Luft, und muß folglich während des Aufganges des Kolbens geschlossen bleiben. Beim Niedergange des Kolbens wird dagegen die im Stiefel enthaltene Luft comprimirt, und vermag, sobald sie dichter wird, als die atmosphärische Luft, das Ventil im Kolben h nach außen aufzustoßen und zu entweichen.

Die angegebenen Erscheinungen wiederholen sich bei jedem Auf- und Niedergange des Kolbens; bei jedem Aufgange ist das Ventil im Kolben durch den Druck der äußern Atmosphäre geschlossen, das Ventil im Boden des Stiefels aber für den Durchgang der Luft aus dem Recipienten nach dem Stiefel geöffnet, bei jedem Niedergange dagegen das Ventil im Boden des Stiefels geschlossen, und das Ventil im Kolben geöffnet. Bei jedem Aufgange des Kolbens tritt ein Theil der Luft aus dem Recipienten in den Stiefel, bei jedem Niedergange wird dieser in den Stiefel übergegangene Theil der Luft entfernt.

§. 89. So wie die Größe des Atmosphärendruckes durch die Höhe der von ihm getragenen Quecksilbersäule (des Barometers) gemessen wird, so läßt sich auch die Größe des Druckes der noch unter dem Recipienten befindlichen Luft mittelst eines Barometers, dessen offener Schenkel in den Recipienten mündet, messen. Um die Abnahme in dem Drucke der Luft für jeden einzelnen Kolbenzug wahrnehmen zu können, muß man den langen Schenkel einer Barometerröhre so in eine oben mit einer kleinen Oeffnung versehene Glasglocke luftdicht einkitten, daß der kürzere Schenkel ganz unter die Glocke zu stehen kommt. Wird dann diese Glasglocke als Recipient auf den Teller der Luftpumpe gesetzt, so sieht man mit jedem Kolbenzuge das Quecksilber des Barometers weiter herabsinken. Da man jedoch selten ein Interesse hat, die Abnahme des Luftdruckes gleich nach den ersten Kolbenzügen zu wissen, so kann man diesen unbequemen und leicht zerbrechlichen Apparat gänzlich entbehren, und sich dafür ein kleines, ungefähr 4—6 Zoll langes Heberbarometer, das man auf einem Holzfuße unmittelbar auf den Teller unter den Recipienten setzen kann, construiren. Da der Druck der atmosphärischen Luft eine Quecksilbersäule von 28 Zoll im Gleichgewicht halten kann, so wird natürlich das Quecksilber in dieser kleinen Barometerröhre durch diesen Druck stark gegen das obere verschlossene Ende der Röhre angedrückt werden, und beim Verdünnen der Luft unter dem Recipienten nur dann erst zu sinken anfangen, wenn die verdünnte Luft eine Quecksilbersäule von 4—6 Zoll nicht mehr zu tragen vermag.

Es ist schon früher mehrfach erwähnt, und wird später noch ausführlicher dargethan werden, daß zwischen dem Drucke und der Dichtigkeit einer Luftmasse eine bestimmte Beziehung stattfindet; es stehen nämlich bei der verdünnten Luft die Dichtigkeiten völlig genau in gradem Verhältnisse mit den Drucken, so daß, wenn der Druck gegeben ist, sich die Dichtigkeit durch eine einfache Proportion finden läßt. Gesetzt es stehe das kleine Heberbarometer unter dem Recipienten noch 2 Linien; wird die Dichtigkeit einer Luft unter dem Drucke vom 28 Zoll oder 336 Linien Quecksilber als Einheit angenommen, so ist die Dichtigkeit d der Luft unter dem Recipienten bei 2 Linien Quecksilberdruck $d : 1 = 2 : 336$, oder $d = \frac{1}{168}$, also noch $\frac{1}{168}$ von der atmosphärischen Dichtigkeit.

Ein noch einfacheres Mittel, um den Druck der Luft unter dem Recipienten zu bestimmen, gewährt eine rechtwinklige gebogene Glasröhre, deren einer Schenkel sich an irgend einen Theil des Recipienten oder der Verbindungsröhre zwischen Stiefel und Recipienten durch ein Kautschoukröhre luftdicht anbinden läßt, während der andere vertikal herabgeht, eine Länge von etwas mehr als 28 Zoll besitzt, und mit seinem untern Ende in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß taucht. Wird die Luft in dem Recipienten, und also auch in der mit ihm verbundenen Glasröhre verdünnt, so steigt das Quecksilber in der Glasröhre in die Höhe und zwar so viel als der Druck der Atmosphäre auf das Quecksilber im Gefäße mehr beträgt, als der

Druck der verdünnten Luft auf das Quecksilber in der Röhre. Ist neben der Röhre ein Maaßstab angebracht, so braucht man nur die Höhe der Quecksilbersäule zu messen, und dieselbe von der in dem gleichen Augenblicke stattfindenden Barometerhöhe abzuziehen, Als Rest findet man den Druck der Luft unter dem Recipienten. Diese Vorrichtung erlaubt also den Druck der Luft bei jeder beliebigen Verdünnung zu bestimmen. An größern Luftpumpen ist diese Röhre gleich mittelst einer Schraube und einer Seitenröhre mit dem Raume unter dem Recipienten in Verbindung.

§. 90. Der Verdünnung der Luft mittelst der bis jetzt beschriebenen Luftpumpen stellen sich aber noch einige Hindernisse in den Weg, wenn dieselbe sehr weit getrieben werden soll. Bei der Hahnluftpumpe wirkt nämlich der sogenannte schädliche Raum bei einem gewissen Grade der Verdünnung jeder weitern Verdünnung entgegen. Es ist meistens nicht möglich, den Hahn so nahe an den Stiefel zu stellen, daß der Kolben genau bis an den Hahn herantreten kann; gewöhnlich befindet sich zwischen dem Boden des Stiefels (bis wohin nur der Kolben vordringt) und dem Hahne ein kleines Stück der Verbindungsröhre des Recipienten mit dem Stiefel. Wird nun der Hahn beim Niedergange des Kolbens in die oben sogenannte zweite Stellung gebracht, so vermag der Kolben die Luft aus dem Stiefel gänzlich zu entfernen, aber das Stück der Verbindungsröhre zwischen dem Boden des Stiefels und dem Hahne bleibt angefüllt mit Luft von atmosphärischer Dichtigkeit. Dreht man, um weiter zu verdünnen, den Hahn in die erste Stellung zurück, so vermengt sich die kleine Quantität der atmosphärischen Luft aus der Verbindungsröhre mit der verdünnten Luft unter dem Recipienten. Hat man ein kleines Barometer unter den Recipienten gestellt, so kann man jedes Mal beim Umdrehen des Hahnes aus der zweiten Stellung in die erste den Eintritt dieser atmosphärischen Luft in den Recipienten deutlich an dem plötzlichen stoßweisen Steigen des Barometers wahrnehmen. Der Raum zwischen dem Boden des Stiefels und dem Hahne heißt nun der schädliche Raum. Es ist klar, daß, wenn die Luft im Recipienten eine solche Verdünnung hat, daß die atmosphärische Luft aus dem schädlichen Raume eine gleiche Verdünnung erlangt, wenn sie sich auf den leeren Raum des Stiefels ausdehnt, — keine weitere Verdünnung der Luft unter dem Recipienten stattfinden kann, weil die in den Stiefel übergehende verdünnte Luft jedes Mal durch den schädlichen Raum wieder in den Recipienten zurückgelangt.

Ein einfaches Mittel, um den schädlichen Raum gänzlich hinwegzuschaffen, besteht darin, daß man den Boden des Stiefels in einen flachen Kegel, an dessen Spitze sich der Hahn befindet, ausgehen läßt. Man arbeitet dann die untere Messingplatte des Kolbens ebenfalls konisch, und schleift dieselbe genau in die kegelförmige Vertiefung des Bodens ein, so daß die ein wenig abgestumpfte Spitze des Kolbens genau bis an den Hahn herantritt. Man sieht, daß der schädliche Raum auf diese Weise völlig vermieden ist, und wird sich beim Gebrauche einer auf diese Weise construirten Luftpumpe durch die Beobachtung des Barometers auch von seiner Abwesenheit überzeugen; ein unter dem Recipienten befindliches Barometer wird beim Umdrehen des Hahnes aus der zweiten Stellung in die erste ganz ohne Bewegung bleiben.

§. 91. Man stellt oft, um die Luft schneller auspumpen zu können, zwei Stiefel neben einander, so daß beide Kolbenstangen in dasselbe gezahnte Rad eingreifen, und die eine steigt, während die andere herabgeht. Bei dieser zweistiefligen Luftpumpe läßt man die beiden von dem Boden der Stiefel ausgehenden Verbindungsröhren sich so nahe als möglich hinter dem Boden vereinigen, und bringt an dieser Stelle einen für beide Stiefel zweckmäßig

durchbohrten Hahn an. Derselbe ist so eingerichtet, daß er in der einen Stellung den ersten Stiefel mit dem Recipienten und den zweiten mit der atmosphärischen Luft, und wenn er um 180° herumgedreht wird, den ersten Stiefel mit der atmosphärischen Luft und den zweiten mit dem Recipienten in Verbindung setzt. Bei dieser Einrichtung wirken also beide Stiefel abwechselnd verdünnend.

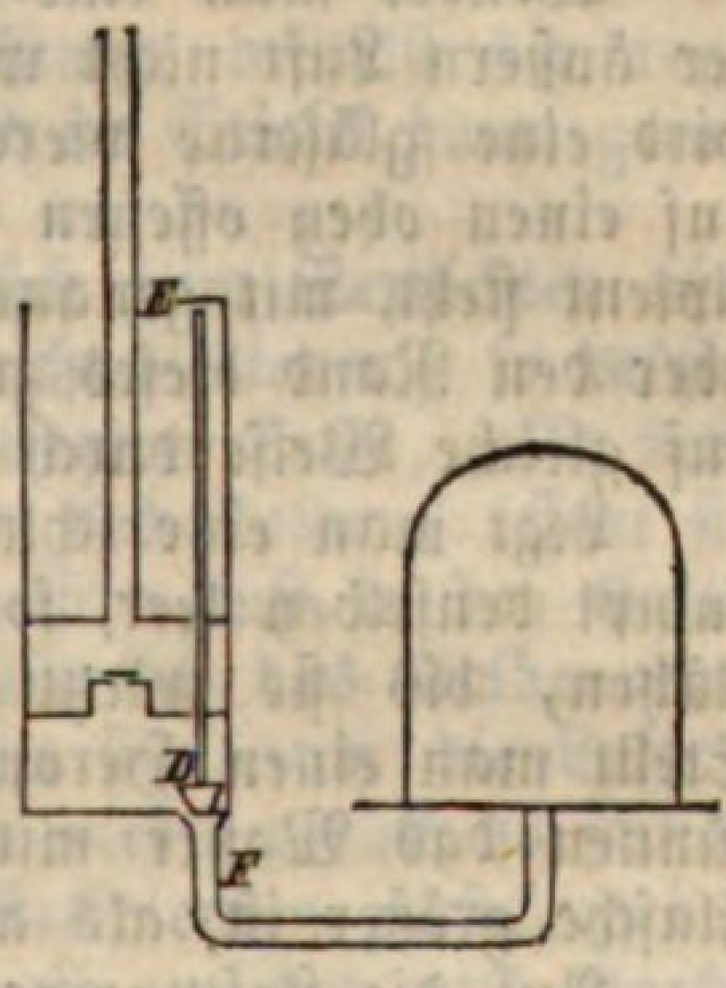
Es ist aber bei diesen Pumpen nicht möglich, den schädlichen Raum auf die vorhin angegebene Weise zu vermeiden, weil die Stiefel mit den Verbindungsröhren einen rechten Winkel bilden. Um bei diesen zweistiefligen Hahnluftpumpen den schädlichen Raum, wenn nicht hinwegzuschaffen, so doch in seiner Wirkung möglichst zu beschränken, besitzt der Hahn, außer den so eben angegebenen Kanälen, noch eine quere Durchbohrung, welche beide Stiefel mit einander in Verbindung setzt, wenn der Hahn in die Mitte der beiden vorhin angegebenen Stellungen (also 90° von jeder derselben verschieden) gestellt wird. Diese Durchbohrung des Hahnes bewirkt dann durch die Verbindung beider Stiefel, daß der schädliche Raum, wenn er wieder mit dem Recipienten in Verbindung kommt, nicht mit Luft von atmosphärischer Dichtigkeit, sondern nur mit verdünnter Luft angefüllt ist. Gesetzt es sei der Kolben im ersten Stiefel niedergegangen; der erste Stiefel war vor diesem Niedergange mit der äußern Luft in Verbindung und der schädliche Raum zwischen ihm und dem Hahne enthält also atmosphärische Luft, während der zweite Stiefel, der mit dem Recipienten in Verbindung ist, nur verdünnte Luft enthält. Soll der Hahn aus seiner jetzigen Stellung um 180° gedreht werden, so muß er erst in die Stellung von 90° gelangen, und gestattet in derselben den beiden Stiefeln eine Communication. Da der Kolben des ersten Stiefels sich noch am Boden desselben befindet, so kommt eigentlich nur der schädliche Raum hinter dem ersten Stiefel, also die Verbindungsröhre zwischen Stiefel und Hahn, durch die quere Durchbohrung des letztern mit dem verdünnte Luft enthaltenden zweiten Stiefel in Verbindung. Es verbreitet sich dann sogleich die atmosphärische Luft des ersten Stiefels in den luftverdünnten Raum des zweiten Stiefels, bis in beiden gleiche Verdünnung hergestellt ist. Wird der Hahn weiter gedreht, so hört diese Verbindung wieder auf, der Hahn setzt den ersten Stiefel mit dem Recipienten und den zweiten mit der atmosphärischen Luft in Verbindung. Hiebei kommt auch der schädliche Raum des ersten Stiefels mit dem Recipienten in Verbindung; sein schädlicher Einfluß ist aber jetzt nur sehr gering, da er nicht Luft von atmosphärischer Dichtigkeit, sondern nur Luft von der Verdünnung im andern Stiefel oder im Recipienten enthält. Diese Einrichtung des Hahnes ist von Graßmann angegeben.

Auf eine andere Weise suchte Babinet die Wirkung des schädlichen Raumes zu vernichten. Er richtet den Hahn zunächst so ein, daß beide Stiefel abwechselnd die Luft verdünnen, und stellt, wenn die Luft schon so weit verdünnt ist, daß der Einfluß des schädlichen Raumes merklich wird, den auf eigenthümliche Weise durchbohrten Hahn so, daß nur der eine Stiefel die Luft aus dem Recipienten aufnimmt, während der zweite Stiefel die in dem sogenannten schädlichen Raume des ersten Stiefels befindliche atmosphärische Luft verdünnt.

§. 92. Da die atmosphärische Luft von außen gegen die Kolben drückt, so wird bei weiten Cylindern eine bedeutende Kraft für das Aufziehen der Kolben erfordert. Diese Arbeit läßt sich bei der zweistiefligen Luftpumpe durch die Hinzufügung eines kleinen Blasenventils an derjenigen Oeffnung des Hahnes, welche in die Atmosphäre mündet, sehr verringern. Indem

dieses Ventil das Eintreten der atmosphärischen Luft in den Cylinder des eben niedersteigenden Kolbens hindert, erleidet der Kolben von unten nur den Druck der verdünnten Luft, von oben aber den Druck der Atmosphäre; er wird also mit dem Ueberschusse des letztern Druckes über den erstern niedergedrückt, und hilft so den Kolben im andern Cylinder in die Höhe ziehen. Bei den zweistiefligen Ventil-Luftpumpen wird durch den Druck der Atmosphäre auf den einen Kolben auf gleiche Weise das Aufziehen des andern Kolbens erleichtert, und es bedarf hiezu keiner weitern Vorrichtung.

Bei den Ventil-Luftpumpen kann man den schädlichen Raum allerdings sehr verkleinern oder fast ganz hinwegschaffen. Es läßt sich der Kolben bis dicht auf das Ventil des Bodens herabschieben, und es bleibt dann nur die kleine Oeffnung in der untern Kolbenplatte, über welcher das Kolbenventil liegt, mit Luft von der Dichtigkeit der Atmosphäre angefüllt. Dagegen stellt sich der größtmöglichsten Verdünnung dadurch eine neue Schwierigkeit entgegen, daß bei sehr großer Verdünnung die Luft im Recipienten nicht Kraft genug besitzt, das Bodenventil zu öffnen. Um dieses zu vermeiden, fertigt Fortin das Bodenventil aus einem Metallkegel, der in eine im Boden angebrachte entsprechende Oeffnung genau eingeschliffen ist. Dieses Kegelventil kann aber nicht durch die Luft geöffnet werden, sondern wird mittelst einer durch den Kolben luftdicht hindurchgehenden dünnen Stange geöffnet und geschlossen. In Figur 68 ist D das an der Stange ED befestigte Kegelventil, das in die nach der Verbindungsröhre F hingehende entsprechende Oeffnung paßt. Wird der Kolben zurückgezogen, so nimmt derselbe durch Reibung die Stange ED mit und öffnet das Ventil; sehr bald aber stößt die Stange ED gegen einen Vorsprung bei E, und der Kolben gleitet über die Stange hin. Wird darauf der letztere wieder einwärts geschoben, so nimmt er durch Reibung die Stange ED mit, und drückt den Kegel wieder in die Oeffnung, um sie völlig genau zu verschließen. Die aus dem Recipienten in den Stiefel übergetretene Luft kann also nicht wieder in den Recipienten zurückkehren, sondern muß beim Eindringen des Kolbens in den Stiefel ihren Ausgang durch das im Kolben befindliche Ventil suchen. Der kleine Kegel entfernt sich bei jedem Kolbenzuge nur sehr wenig aus seiner Oeffnung.



Figur 68.

Bei den meisten Hahn-Luftpumpen wird nach jedem Kolbenzuge der Hahn mit der Hand gedreht; man kann aber leicht Vorrichtungen anbringen, durch welche mittelst der bloßen Umdrehung der Kurbel auch der Hahn jedesmal in die erforderliche Stellung gebracht wird, und dann mit ihnen die Luft ebenso schnell und ebenso leicht verdünnen, als mit den Ventil-Luftpumpen. Kommt es auf eine möglichst große Verdünnung der Luft an, so muß man gut eingerichteten Hahn-Luftpumpen, bei denen der schädliche Raum ganz vermieden oder in seiner Einwirkung wenigstens auf ein Minimum reducirt ist, den Vorzug geben.

§. 93. Folgende unter Anwendung der Luftpumpe eintretende Erscheinungen bedürfen nach dem Vorhergehenden keiner weitern Erläuterungen. Werden zwei Halbkugeln von Messing genau mit ihren Rändern auf einander abgeschliffen, und zur Erreichung eines vollständig luftdichten Anschlusses mit ein wenig Talg bestrichen an einander gelegt, so haften dieselben, wenn

der in ihrem Innern befindliche Raum von Luft befreit wird, mit einer außerordentlichen Kraft an einander. Es ist leicht, für jede zwei Halbkugeln die Kraft, welche sie zusammenhält, zu berechnen; gesetzt, es wäre der Raum inwendig gänzlich luftleer und der Barometerstand 28 Zoll, so ist der Druck, welcher auf jede Halbkugel drückt, gleich dem Gewichte einer Quecksilbersäule, deren Grundfläche der Kreis, in welchem beide Halbkugeln sich berühren, und deren Höhe 28 Zoll beträgt. Man sieht, daß bei Anwendung von großen Halbkugeln selbst die Kraft vieler Pferde nicht hinreicht, dieselben von einander zu trennen. Je mehr Luft im Innern der Kugel zurückgeblieben, desto geringere Kraft ist nöthig, um die Halbkugeln zu trennen; die Höhe der Quecksilbersäule, welche man sich auf beide drückend denken kann, hat dann zur Höhe nur die Differenz zwischen dem äußern und innern Drucke. Um diese sogenannten Magdeburger Halbkugeln luftleer zu machen, ist die eine derselben mit einer Röhre versehen, die in ihrer Mitte einen einfach durchbohrten Hahn und am Ende eine Schraube trägt. Mit dieser Schraube wird die eine Halbkugel fest auf dem Teller der Luftpumpe (wo die Verbindungsröhre mit dem Stiefel mündet) aufgeschraubt, und der Hahn geöffnet. Ist die Luft hinlänglich verdünnt, so schließt man den Hahn (durch Umdrehung um 90°) und schraubt die zusammenhängenden Halbkugeln von der Pumpe ab. An beiden Halbkugeln sind ferner noch starke Ringe angebracht, um die Seile zum Ziehen einzuschleifen.

Wendet man eine sehr dünne Kugel an, so wird dieselbe dem Drucke der äußern Luft nicht widerstehen können, sondern zerdrückt werden. Ebenso wird eine gläserne viereckige Flasche zerdrückt oder eine Glasplatte, welche auf einen oben offenen Cylinder, der auf dem Teller der Luftpumpe als Recipient steht, mit genauem Anschluß aufgelegt wird. Auch eine Blase, welche über den Rand dieses zuletzt erwähnten Cylinders festgebunden wird, muß auf gleiche Weise durch den Druck der äußern Luft zersprengt werden.

Legt man eine schlaffe zugebundene Blase unter den Recipienten, und pumpt denselben leer, so sieht man mit jedem Kolbenzuge die Blase sich aufblähen, bis sie zuletzt durch den Druck der eingeschlossenen Luft zerplatzt. Stellt man einen Heronsball unter den Recipienten, so springt beim Verdünnen das Wasser mit Heftigkeit hervor, weil der Druck im Innern der Flasche größer ist, als außerhalb.

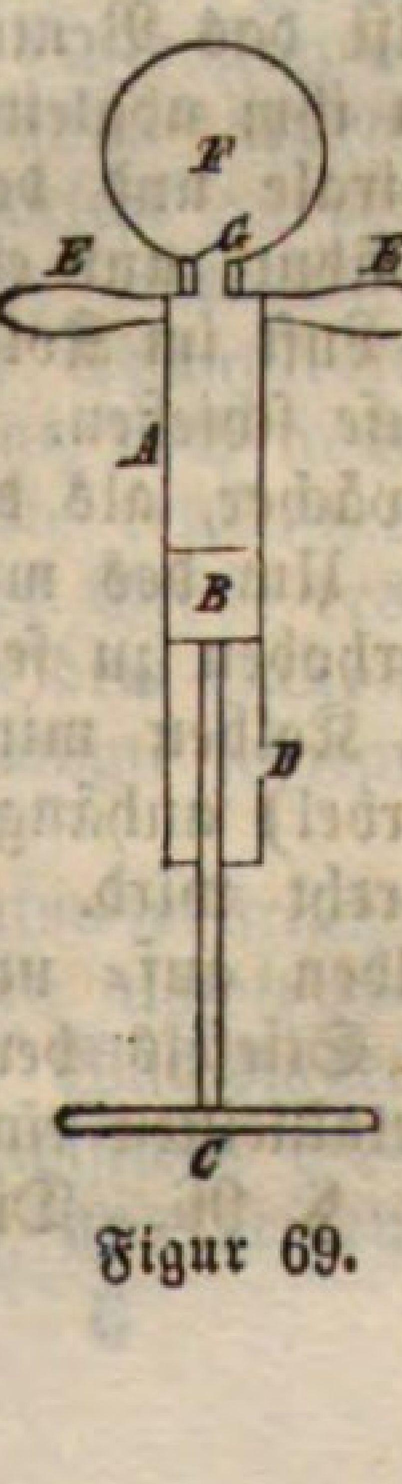
Auf die Luftpumpe gründet sich auch die von Romershausen zum Extrahiren verschiedener Stoffe angegebene Vorrichtung. Man denke sich z. B. einen Trichter, der durch eine mit einem Hahne versehene Röhre auf einer Flasche befestigt ist. Der Raum innerhalb der Flasche steht mit einer Luftpumpe in Verbindung, und kann durch dieselbe von Luft befreit werden. Durch den vorhin erwähnten Hahn kann die Flasche nach außen entweder gänzlich geschlossen oder auch mit dem Trichter in Verbindung gesetzt werden. Wird die zu extrahirende Substanz als Pulver auf den Trichter gelegt und die bestimmte Flüssigkeit aufgegossen, so kann die letztere nur langsam eindringen, weil die zwischen den einzelnen Theilchen befindliche Luft bei dem geringen Drucke nur sehr langsam entweicht. Wenn man aber die untere Flasche luftleer pumpt, und dann plötzlich den Hahn so dreht, daß sich zwischen dem Trichter und der Flasche eine Verbindung bildet, so entweicht die Luft aus dem Pulver sehr schnell in den luftleeren Raum der Flasche, und die Flüssigkeit kann, getrieben von dem Drucke der darüber befindlichen Atmosphäre, in die kleinsten Zwischenräume, aus denen die Luft entwichen ist, eintreten. Man läßt die Flüssigkeit völlig in die Substanz eindringen, und verschließt dann den Hahn wieder auf einige Augenblicke, um der Flüssigkeit

Zeit zu lassen, die in den angewendeten Substanzen vorhandenen löslichen Verbindungen aufzulösen. Stellt man später die Verbindung des Trichters mit der leergepumpten Flasche wieder her, so wird die Flüssigkeit durch den Druck der Atmosphäre in die Flasche getrieben; dieser Druck wird um so stärker, je geringer der Druck in der Flasche ist.

§. 94. Die Hahnluftpumpe läßt sich aber ebenso, wie zur Verdünnung der Luft, auch zu ihrer Verdichtung gebrauchen. Man darf zu diesem Zwecke nur den Hahn nach einer andern Regel drehen. Schraubt man z. B. eine starke messingene Kugel (die ein Heronsball sein mag) auf den Teller der Pumpe fest, so stellt man den Hahn zuerst in die oben §. 85 sogenannte zweite Stellung, und zieht den Kolben aufwärts. Es dringt dann die atmosphärische Luft durch den Hahn in den Stiefel. Dreht man den Hahn in die erste Stellung, und drückt den Stiefel abwärts, so comprimirt der Kolben die im Stiefel befindliche Luft und treibt sie in die aufgeschraubte Kugel. Ist der Kolben unten angelangt, so dreht man den Hahn wieder in die zweite Stellung, zieht den Kolben wieder in die Höhe, füllt den Stiefel mit Luft, dreht den Hahn in die zweite Stellung u. s. w. Auf diese Weise wird die Luft in der Kugel immer mehr verdichtet. Man erkennt leicht, daß der schädliche Raum auch bei der Verdichtung schädlich wirkt, indem die in ihm befindliche verdichtete Luft nicht in den Recipienten gelangt. Wäre die Luft in dem Recipienten so verdichtet, daß die Luft im Stiefel zu derselben Dichtigkeit zusammengepreßt nur ein Volumen von der Größe des schädlichen Raumes einnähme, so hätte die Verdichtung mittelst der angewandten Pumpe ihr Maximum erreicht, weil die Luft im Stiefel dann gerade nur ausreichte, den schädlichen Raum auszufüllen.

Die oben beschriebene Ventil-Luftpumpe läßt sich zum Verdichten nicht anwenden. Soll eine Ventil-Luftpumpe zum Verdichten dienen, so müssen ihre beiden Ventile sich gerade nach der entgegengesetzten Seite, also beide nach dem Recipienten hin, öffnen. Beim Aufziehen des Kolbens öffnet sich dann das Ventil im Kolben und läßt die atmosphärische Luft in den Cylinder eintreten; beim Niederdrücken des Kolbens schließt sich das Kolbenventil durch den innern Druck, und das Bodenventil öffnet sich, um die Luft in den Recipienten eintreten zu lassen. Geht der Kolben wieder zurück, so schließt sich das Bodenventil, und hindert die Luft, in den Recipienten zurückzugehen. Bei der Compressionspumpe müssen aber die Ventile wieder aus starken Metallplatten oder Metallkegeln angefertigt werden, um dem Drucke hinlänglichen Widerstand zu leisten. Es müssen diese Ventile, weil sie in verschiedene Lagen gegen den Horizont kommen können, durch Federn angedrückt werden, damit sie, wenn auf beiden Seiten ein ziemlich gleicher Druck herrscht, doch die Oeffnung luftdicht schließen.

§. 95. Sehr einfach ist die Compressionspumpe, wie sie für Windbüchsen angewendet wird. In einem Cylinder A, Fig. 69, (dem Stiefel) läßt sich ein Kolben B auf- und abbewegen. Die Kolbenstange hat unter einem Querstab C, auf welchen die Füße gesetzt werden, um so den Kolben festzuhalten. Damit der Kolben nicht aus dem Cylinder gänzlich herausgezogen werden kann, so ist unten am Cylinder ein etwas nach innen hervorspringender Ring angeschraubt, gegen welchen der Kolben anstößt. In der Nähe des untern Endes, ein wenig weiter davon entfernt, als die Länge des aus Lederscheiben gebildeten Kolbens beträgt, befindet sich eine Oeffnung D, durch welche wenn



Figur 69.

der Kolben im Cylinder heruntergezogen ist (wenn sich B unterhalb D befindet), die Luft von außen in den Cylinder eindringen kann. Oben an dem Stiefel sieht man zu beiden Seiten die Handgriffe E, um mittelst derselben den Stiefel zu heben und zu senken, während der Kolben mit den Füßen festgehalten wird. Am obern Ende des Stiefels befindet sich endlich noch eine Schraube, um ein aus starkem Kupfer- oder Messingblech verfertigtes Gefäß (entweder eine Kugel F oder den Kolben der Windbüchse) aufzuschrauben. Dieses Gefäß enthält in der Oeffnung ein Ventil G, das sich nach innen öffnet, und durch eine Spiralfeder zugedrückt wird. Das Ventil besteht aus einem flachen Kegel, der mit Leder überzogen ist; ein von ihm ausgehendes Stäbchen geht durch das Innere der Spiralfeder, und wird auf diese Weise stets in seiner Lage gehalten.

Befindet sich nun der Kolben am untern Ende des Stiefels, so ist der Stiefel mit atmosphärischer Luft gefüllt. Wird der Kolben in den Cylinder hineingedrückt, so geht er vor der Seitenöffnung D im Stiefel vorüber, und sperrt die in demselben befindliche Luft ab; diese letztere wird zusammengepreßt, stößt das Ventil G in dem aufgeschraubten Gefäße auf, und tritt in dasselbe hinein. Hat der Kolben seinen höchsten Punkt im Stiefel erreicht, so zieht man ihn wieder zurück. Im Stiefel entsteht ein leerer Raum, aber das Ventil im Gefäße verhindert den Rücktritt der Luft. Es bleibt deßhalb der Raum im Stiefel luftleer, bis der Kolben an der Oeffnung D im Stiefel vorübergeht; dann füllt sich der Stiefel sogleich wieder mit Luft. Durch wiederholtes Auf- und Niedertreiben des Kolbens läßt sich nun die Luft im Gefäße sehr stark verdichten.

Schraubt man das Gefäß F ab, und bringt es mit einem Gewehrlaufe so in Verbindung, daß die durch Oeffnen des Ventiles aus demselben austretende Luft in das hintere Ende des Gewehrlaufes gelangt, so hat man die Windbüchse. Das Gefäß bildet, wie vorhin schon erwähnt, entweder eine Kugel, welche an der untern Seite des Schaftes hinter dem Laufe befestigt wird, oder auch den Kolben des Gewehres, der dann, um nicht beim Anlegen das kalte Metall berühren zu müssen, mit Leder überzogen ist. Das Schloß der Windbüchse ist so eingerichtet, daß der Hahn desselben beim Abdrücken mit einem seitlichen Absatze gegen einen Stift schlägt, welcher sich über oder vor dem Ventile befindet. Durch den Stoß des Hahnes öffnet sich das Ventil, und läßt einen Theil der verdichteten Luft, welche die vor ihm in den Lauf geladene Kugel hinausschleudert, entweichen. Sobald der Stift das Ventil niederdrückt, kann der Hahn mit seinem seitlichen Ansatze von ihm abgleiten, und das Ventil schließt sich durch die Kraft der federnden Spirale und der comprimirten Luft sehr bald wieder, so daß, wie schon erwähnt, nur ein Theil der Luft entweicht; man kann daher, wenn einmal die Luft im Kolben verdichtet ist, mehrere Ladungen hinter einander aus dem Laufe schießen. Jedoch wird die Kraft des Schusses jedesmal in dem Maaße schwächer, als die Verdichtung der noch zurückgebliebenen Luft geringer wird.

Um des mühsamen Auf- und Niederstoßens des Stiefels über den Kolben überhoben zu sein, kann man sehr zweckmäßig den Cylinder feststellen, und den Kolben mittelst einer Stange an einen Krummzapfen (an eine kleine Kurbel) anhängen, der mittelst einer Kurbel und eines Schwungrades umgedreht wird. Bei jeder Umdrehung des Krummzapfens wird dann der Kolben auf- und niedergetrieben. Damit er sich in der Richtung der Axe des Stiefels bewege, so muß er auch außerhalb des Stiefels noch zwischen Metallleisten eine bestimmte Führung erhalten.

§. 96. Die Luft drückt, wie in dem Frühern gezeigt wurde, gerade wie

die Flüssigkeiten auf alle in ihr befindlichen Körper. Es wird deßhalb auch jeder in ihr befindliche Körper gerade so viel an seinem Gewichte verlieren, als die von ihm verdrängte Luft wiegt. Ein Körper wird in der Luft niedersinken, wenn er mehr wiegt, als die verdrängte Luft, und steigen, wenn sein Gewicht geringer ist. Soll deßhalb das Gewicht eines Körpers mit der größten Genauigkeit bestimmt werden, so muß derselbe im luftleeren Raume gewogen werden. Da dieß jedoch nicht angeht, so muß die Wägung, die in der Luft geschehen ist, auf eine Wägung in dem luftleeren Raume zurückgeführt werden, indem man so viel von dem Gewichte des Körpers abzieht, als ein gleiches Volumen Luft wiegt. Die Gewichte liegen gleichfalls in der Luft, und verlieren auch dadurch einen Theil; dieß muß ebenfalls mit in Rechnung gebracht werden, und zwar ist dieser Verlust nach dem Materiale, aus dem sie gefertigt sind, verschieden. Gewichte aus Platin verlieren weniger als Gewichte von Messing, weil erstere durch ihre größere Dichtigkeit bei gleicher Masse ein viel geringeres Volumen haben. Das Gewicht des verdrängten Volumens Luft richtet sich aber nach der Temperatur und nach dem Barometerstande; es muß deßhalb bei jeder genauen Wägung Barometer und Thermometer genau bestimmt werden; letzteres ist auch nöthig wegen der durch die Wärme erzeugten Veränderung in dem Volumen des Körpers.

Durch ein sehr einfaches Instrument kann man sich überzeugen, daß das von einem Körper verdrängte Volumen Luft nicht immer gleich viel wiegt. Hängt man nämlich auf die eine Seite einer empfindlichen Waage eine mit Luft gefüllte verschlossene Glaskugel, und auf die andere Seite ein Gewicht aus einem dichten Metalle, so ist, wenn der Waagebalken horizontal steht, nicht die Glaskugel eben so schwer, als das Metallgewicht, sondern das Gewicht der Glaskugel weniger dem Gewichte der von ihr verdrängten Luft ist gleich dem Gewichte des Metallstückes weniger dem Gewichte der von ihm verdrängten Luft. Bringt man diese Vorrichtung (Manometer genannt) unter die Glocke einer Luftpumpe, so wird beim Verdünnen der Luft der Waagebalken seine horizontale Lage verlassen und auf der Seite der Glaskugel niedersinken. Das von der Kugel verdrängte Volumen Luft ist größer als das von dem Metallgewichte verdrängte; beim Verdünnen der Luft wird also die Glaskugel immer weniger getragen und folglich sinken. Ist die Vorrichtung sehr empfindlich, so kann man sie selbst als Barometer benutzen, um den Druck der Luft kennen zu lernen.

§. 97. Ein Körper steigt, wie vorhin schon bemerkt wurde, in die Höhe, wenn sein Gewicht weniger beträgt, als das von ihm verdrängte Luftvolumen. Montgolfier brachte zuerst 1783 einen aus Papier verfertigten Ballon dadurch zum Steigen, daß er die Luft im Innern desselben durch Körper, welche an der untern, einige Quadratfuß enthaltenden Oeffnung verbrannten, erwärmte. Durch die Erwärmung dehnt sich die Luft aus, indem ihre Spannkraft wächst; sie vermag also, wenn sie sich durch die Wärme verdünnt, doch noch dem Drucke der äußern Luft Widerstand zu leisten. Da aber die erwärmte ausgedehnte Luft zugleich leichter wird, so muß bei hinreichender Größe des Ballons endlich bei steigender Erwärmung das Gewicht der von dem Ballon verdrängten Luft größer seyn als das Gewicht des Ballons sammt seinem Inhalte; der Ballon wird steigen.

Da das Wasserstoff beinahe 14 Mal leichter ist als die atmosphärische Luft, so wandte Charles anstatt der durch Erwärmung verdünnten atmosphärischen Luft das leichtere Wasserstoff an. Er konnte den aus Wachstaffet gebildeten Ballon überall schließen, und mit einem kleinen Schiffchen versehen. Der Ballon wird nun steigen, wenn die von ihm und seinen

Anhängen verdrängte Luft mehr wiegt als er selbst mit allem Zubehör. Es ist leicht, wenn die Größe und das Gewicht der Hülle eines Ballons gegeben ist, zu berechnen, ob er mit Wasserstoff gefüllt steigen wird, und wie viel Last er außerdem noch heben kann. Letztere ist eben gleich dem Ueberschusse des Gewichtes der verdrängten Luft über das Gewicht des Ballons nebst seinem Inhalte. Da die Luft nach oben hin dünner wird, so steigt der Ballon so hoch, bis er in eine Luftschicht von solcher Dichte gelangt, daß die verdrängte Luft mit ihm gleiches Gewicht hat.

Will man den Versuch im Kleinen anstellen, so kann man aus Goldschlägerhäutchen oder aus sehr feinem Postpapier einen Ballon anfertigen und mit Wasserstoff füllen. Der Ballon aus Goldschlägerhäutchen steigt schon, wenn er einen Durchmesser von 6 Zoll hat, während das etwas schwerere Postpapier einen Ballon von wenigstens 9 Zoll im Durchmesser erfordert.

Das aus Steinkohlen dargestellte Leuchtgas ist zwar (als Kohlenwasserstoff) etwas schwerer als das reine Wasserstoffgas. Da es aber leicht in größeren Mengen in den Gasanstalten zu haben ist, so hat Green in den letzten Jahren seinen Ballon mit diesem Gase angefüllt. Soll ein mit diesem Gase angefüllter Ballon gleiche Steigkraft besitzen, wie ein mit Wasserstoff gefüllter, so muß er freilich einen größern Durchmesser erhalten als letzterer.

Fünfter Abschnitt.

Von den Wirkungen der Molecularkräfte.

§. 98. Jedes einzelne materielle Theilchen eines Körpers besitzt Kräfte, welche ihre Wirkung auf die zunächst liegenden Theilchen ausüben; man nennt sie Molecular- oder Corpuscularkräfte. Von ihrem gegenseitigen Verhältnisse hängt es ab, ob ein Körper den festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand zeigt. Daß die Wärme ein sehr wirksames Mittel ist, um Abänderungen in diesem Verhältnisse, und somit auch in dem Aggregatszustande eines Körpers herbeizuführen, wird unter dem Abschnitte über die Wärme weiter besprochen werden, während der vorliegende Abschnitt nur von den gegenseitigen Wirkungen der Molecularkräfte zwischen den Theilchen der festen, flüssigen und gasförmigen Körper handeln soll.

Wenn auf einen festen Körper äußere Kräfte, die eine gewisse Größe nicht überschreiten, einwirken, so entfernen sich die einzelnen Theilchen desselben ein wenig aus ihrer bisherigen Lage, kehren jedoch, sobald die Wirkungen der Kräfte aufhören, wieder in dieselbe zurück. Es zeigt dieß an, daß das Gleichgewicht, welches zwischen den einzelnen Theilchen eines festen Körpers besteht, ein sogenanntes stabiles (§. 44) ist. Die Eigenschaft der festen Körper, welche aus dieser Art des Gleichgewichts hervorgeht, bezeichnet man mit dem Namen der Elasticität, und sie zeigt sich ebensowohl, wenn man die Theilchen eines festen Körpers einander zu nähern, als auch, wenn man sie von einander zu entfernen sucht. Man befestige z. B. einen Draht an seinem obern Ende, hänge an sein unteres ein Gewicht, das hinreicht, den Draht gerade zu spannen, und messe die Entfernung zweier auf dem Drahte angebrachten Striche mit der größten Genauigkeit. Vermehrt man darauf

das am untern Ende befindliche Gewicht, so verlängert sich der Draht, und man kann die Verlängerung bestimmen, wenn man während dieser Belastung die Entfernung der beiden auf dem Drahte angebrachten Striche wieder mißt. Hängt man unten verschiedene Gewichte an, ohne in der Größe und der Dauer der Belastung eine gewisse Grenze zu überschreiten, so zeigt es sich, daß die Verlängerungen, welche der Draht erlitten hat, den spannenden Kräften proportional zunehmen, und daß nach dem Aufhören der Spannung der Draht seine frühere Länge wieder annimmt. Ein Draht ist jedoch meistens nie so gleichartig in seiner Masse, daß er sich an jeder Stelle durch eine und dieselbe Belastung gleichviel verlängerte. Zeichnet man auf einen geraden Draht mehrere Striche in gleichen Entfernungen, so wird ein und dasselbe angehängte Gewicht die zwischen zwei Strichen befindlichen Theile gewöhnlich etwas verschieden ausdehnen. Läßt man ein nicht unbedeutendes Gewicht längere Zeit an einem Drahte hängen, so zeigt nach dem Aufhören seiner Wirkung der Draht nicht genau mehr die frühere Länge, sondern hat eine merkliche bleibende Verlängerung erfahren. Man muß in diesem Falle die während der Spannung gemessene Entfernung der beiden Striche nicht mit ihrer Entfernung vor der Belastung, sondern mit ihrer Entfernung nach dem Abheben der Belastung vergleichen. Manche Metalldrähte fahren Tage lang fort, sich auf eine merkliche Weise allmählig zu verlängern.

§. 99. Aus den so eben angegebenen Versuchen läßt sich dann berechnen, wie groß das Gewicht seyn muß, welches hinreicht, um die Länge eines Stabes oder Drahtes, dessen Querschnitt gleich 1 gesetzt ist, zu verdoppeln (wenn es möglich wäre, ohne den Draht zu zerreißen, und wenn die Elasticität bis zu dieser Grenze hin eine gleiche Größe behielte). Dieses zur Verdoppelung nothwendige Gewicht nennt man den Elasticitäts-Coefficienten. — Da bei den Schallschwingungen ebenfalls kleine Verrückungen der Theilchen Statt finden, so läßt sich aus der Beobachtung der Längs- und Querschwingungen eines Stabes der Elasticitäts-Coefficient herleiten, und man erhält aus den Längs- und Querschwingungen nahe denselben Werth. Weil aber bei diesen Schwingungsbewegungen Wärme erzeugt wird, welche die Bewegung beschleunigt, so liefern die Schwingungen einen etwas höhern Werth für den Elasticitäts-Coefficienten als man durch die Messung der Verlängerung erhält. Der Elasticitäts-Coefficient ist für ein und dasselbe Metall nicht constant; alle Umstände, welche die Dichtigkeit des Metalls vermehren, erhöhen auch den Elasticitäts-Coefficienten. Derselbe nimmt mit steigender Temperatur fortwährend ab, und zwar in einem raschern Verhältnisse, als sich nach der einer bestimmten Temperatur entsprechenden Ausdehnung des Metalls erwarten ließe.

§. 100. Dreht man ein an dem untern Ende eines Drahtes befestigtes Gewicht in der horizontalen Ebene um den Draht als Axe, so daß der Draht etwas gewunden wird, so kehrt das Gewicht nach dem Wegziehen der Hand zunächst wieder in die alte Lage zurück, geht dann aber in Folge der erlangten Geschwindigkeit über dieselbe bis auf eine beinahe gleiche Weite hinaus, kehrt von dorther wieder zurück und vollendet eine Reihe von Schwingungen in der horizontalen Ebene gerade so wie sie ein Pendel (siehe den folgenden Abschnitt) in der vertikalen Ebene in Folge der Einwirkung der Schwere ausführt. Wenn die Drehungen des Drahtes eine gewisse Grenze nicht überschreiten, so läßt sich aus der Beobachtung der erwähnten Schwingungen nach dem Gesetze des Pendels zeigen, daß die Kraft, mit welcher der aus seiner Lage gedrehte Draht in die ursprüngliche Lage zurückzukehren strebt, proportional ist der Größe dieser Drehung; ist also z. B.

ein Draht ein Mal um 60° und ein anderes Mal um 30° aus seiner Lage gedreht, so ist die Kraft, mit welcher er aus dieser Drehung zurückzukehren sucht, im ersten Falle doppelt so groß als im zweiten.

§. 101. Die Kraft, welche die Theilchen eines Körpers zusammenhält, nennt man seine Cohäsion, und man wird ein Maaß für die Größe dieser Cohäsion oder für die Festigkeit eines Körpers erhalten, wenn man die kleinste Belastung bestimmt, welche eben noch hinreichend ist, die Trennung der Theilchen von einander zu bewirken. Diejenige Kraft, mit welcher ein Körper dem Zerreißen widersteht, nennt man wohl seine absolute Festigkeit, diejenige, mit welcher er dem Zerbrechen (d. h. einer Trennung senkrecht auf seine Länge) widersteht, seine relative Festigkeit, und diejenige, welche er dem Zerdrücken entgegensetzt, seine zurückwirkende Festigkeit. Für die Praxis ist es sehr wichtig, diese verschiedenen Festigkeiten genau zu kennen. Durch das Anlassen wird der Widerstand, welchen die Metalle beim Zerreißen zeigen, bedeutend verringert; eine Temperaturerhöhung bis gegen 200° ändert aber die Cohäsion der zuvor angelassenen Metalle nicht bedeutend. Unter den gewöhnlichen Metallen leistet Eisen oder Stahl den größten, und Blei den kleinsten Widerstand beim Zerreißen. Da diese Zerreißungswiderstände mit der Größe des Querschnittes zunehmen, so müssen bei der Vergleichung der verschiedenen Metalle alle angestellten Versuche auf Stäbe oder Drähte von demselben Querschnitte berechnet werden. Beim Zerdrücken und Zerbrechen ist die Festigkeit auch noch von der Form des Querschnittes abhängig; beim Zerdrücken von Körpern aus derselben Substanz und von gleich großem Querschnitte widersteht derjenige am stärksten, dessen Querschnitt den kleinsten Umfang besitzt, und beim Zerbrechen wächst der Widerstand mit der Breite und mit dem Quadrate der Höhe, und nimmt ab mit der Länge. Hohle Körper sind daher in diesen beiden letzten Beziehungen im Verhältniß zu ihrer Masse stärker als massive.

§. 102. Die Cohäsionsverhältnisse können nur dann in einem Körper nach allen Richtungen dieselben sein, wenn die einzelnen kleinsten Theilchen desselben ohne bestimmte Ordnung neben einander liegen, müssen aber nach den verschiedenen Richtungen einen abgeänderten Werth annehmen, sobald die kleinsten Theilchen, welche in verschiedenen Richtungen eine verschiedene Anziehung zeigen, sich auf eine symmetrische Weise neben einander gelagert haben. Eine solche symmetrische Anordnung der kleinsten Theilchen tritt aber fast immer ein, wenn Körper aus dem flüssigen Zustande in den festen übergehen. Die auf diese Weise in Folge der verschiedenen Anziehungen gebildeten regelmäßigen oder (mit wenigen Ausnahmen) wenigstens symmetrischen Körper, die äußerlich von bestimmten ebenen Flächen begrenzt werden, und durch ihr ganzes Innere eine regelmäßige Structur zeigen, nennt man Krystalle. Die begrenzenden Flächen sind eben (nur selten etwas gekrümmt) und bilden mannichfache Figuren, Dreiecke, Vierecke, Fünfecke, Sechsecke, Achtecke, Neunecke, Zwölfecke, Sechszehnecke u. s. w., regelmäßige und symmetrische. Durch den Durchschnitt zweier Flächen entsteht eine Kante, und durch das Zusammentreffen mehrerer Kanten eine Ecke. Gewisse Linien, welche durch den Mittelpunkt eines Krystalles gehen, und um welche die Flächen symmetrisch vertheilt sind, nennt man Axen. Ist eine Axe vor den übrigen ausgezeichnet, so wird diese als Hauptaxe betrachtet; ist keine besonders ausgezeichnet, so kann man eine beliebige als Hauptaxe ansehen, muß dann aber auch bei der weitern Bestimmung des Krystalles die einmal als solche angenommene unverändert festhalten. Bei einem und demselben Stoffe können zwar verschiedene, jedoch nicht beliebige Krystallgestalten auftreten,

sondern alle bei demselben möglichen Gestalten lassen sich nach bestimmten einfachen Gesetzen aus einander ableiten. Diejenige Gestalt, aus welcher man alle übrigen ableitet, heißt die Grundgestalt. In den meisten Fällen finden sich an einem Krystalle gleichzeitig die Flächen mehrerer einfachen Krystalle; man nennt die Verbindung zweier oder mehrerer Gestalten eine Combination.

§. 103. Nach den Verhältnissen, welche die Axen der Grundgestalten zeigen, lassen sich sämmtliche Krystallformen in sechs oder sieben Systeme vereinigen: 1) das reguläre oder tessulare oder tesserale System besitzt drei gleiche Axen, welche auf einander senkrecht stehen; 2) das zwei- und einaxige oder pyramidale oder tetragonale hat drei ebenfalls auf einander senkrecht stehende Axen, von denen nur zwei einander gleich sind, die dritte aber verschieden ist; 3) das drei- und einaxige, oder rhomboedrische oder hexagonale System zeigt vier Axen, von denen drei gleiche in einer Ebene liegen, und sich unter Winkeln von 60° schneiden, während die vierte ungleiche auf der Ebene der drei ersten Axen senkrecht steht. Die ungleiche Axe in dem zweiten und dritten Systeme heißt die Hauptaxe. — Die folgenden Systeme haben sämmtlich drei an Größe verschiedene Axen, und unterscheiden sich dadurch, daß in dem vierten Systeme, dem ein- und einaxigen, oder dem orthotypen, oder dem rhombischen alle drei Axen auf einander senkrecht stehen, also rechte Winkel mit einander bilden, während in dem fünften, dem zwei- und eingliederigen, oder hemiorthotypen, oder monoclinoedrischen noch zwei Axenwinkel rechte, der dritte ein schiefer, in dem sechsten, dem diclinoedrischen nur ein Axenwinkel ein rechter und die beiden übrigen schiefe, und in dem siebenten, dem ein- und eingliederigen oder anorthotypen, oder triclinoedrischen alle drei Axenwinkel schiefe sind. Das sechste System findet sich nur bei einigen künstlichen Krystallen.

Die ersten vier Krystallsysteme zerfallen wieder in eine homoedrische oder vollflächige, und in eine hemiedrische oder halbflächige Abtheilung. Die halbflächigen oder hemiedrischen Gestalten entstehen aus den homoedrischen oder vollflächigen, indem man nach genau bestimmten Gesetzen die halbe Anzahl der Flächen so ausdehnt, daß die übrigen ganz aus der Begrenzung verschwinden. Aus jeder vollflächigen Gestalt können zwei halbflächige, die sich in entgegengesetzter Stellung befinden, abgeleitet werden, je nachdem man die eine oder die andere Hälfte der Flächen verschwinden läßt. Auf analoge Weise lassen sich auch viertelflächige Krystalle bilden.

Die regelmäßige oder symmetrische Bildung zeigt sich bei den Krystallen aber nicht bloß in der äußern Begrenzung, sondern zeigt sich auch als Structur durch das Innere. Es lassen sich die Krystalle deßhalb nach gewissen Richtungen leichter zerspalten als nach allen übrigen, und die nach diesen Richtungen entstandenen Theilungsflächen sind vollkommene, spiegelnde Ebenen; man nennt diese Richtungen Durchgänge oder auch Blätterdurchgänge. Schlägt man ein Stück eines Minerales so, daß es auf allen Seiten von diesen Durchgängen begrenzt wird, so erhält man die Kerngestalt, die entweder mit der als Grundgestalt angenommenen identisch ist, oder doch wenigstens mit dieser in sehr naher Verbindung steht.

§. 104. Sollen Krystalle sich bilden, so muß den Theilchen es möglich gemacht werden, sich nach bestimmten Gesetzen an einander zu fügen; es müssen also die Stoffe flüssig gemacht werden, indem sie entweder in geeigneten Lösungsmitteln, Wasser, Weingeist, Schwefelkohlenstoff u. s. w. aufgelös't oder durch die Hitze geschmolzen werden. Ist die aufgelös'te Substanz in dem heißen Auflösungsmittel in höherem Grade löslich, als in dem kalten, so

genügt es, um Krystalle zu erhalten, meistens, die heiße gesättigte Lösung abkühlen zu lassen. Wenn aber dieselbe in dem heißen und kalten Lösungsmittel ziemlich in gleichem Grade löslich ist, so muß durch Abdampfen ein Theil des Lösungsmittels hinweggeschafft werden. Je langsamer die Abkühlung oder die Verdampfung des Lösungsmittels geschieht, desto größer werden die Krystalle. Ebenso muß auch eine geschmolzene Masse sehr langsam abkühlen, wenn man schöne Krystalle erhalten will. Man würde jedoch, wenn man die ganze geschmolzene Masse erstarren ließe, nur ein verworrenes Haufwerk von Krystallen erhalten, in welchem es vielleicht nicht mehr möglich wäre, einen einzigen vollständig zu erkennen. Man läßt deßhalb die geschmolzene Masse nur so weit abkühlen, daß ein Theil derselben erstarrt ist, durchstößt dann die erstarrte Oberfläche und entfernt die noch flüssige Masse aus dem Innern durch die gemachte Oeffnung. Beim Zerschlagen oder Zersägen des Rückstandes findet man dann (z. B. beim Schwefel) öfters ausgezeichnet große und schöne Krystalle.

Die fest werdenden krystallisirenden Theilchen setzen sich gern an andere feste Körper an; namentlich scheinen die Krystalle derselben Substanz die größte Anziehung zu den noch in der Flüssigkeit aufgelös'ten Theilchen zu haben, wie augenscheinlich daraus hervorgeht, daß die in einer Auflösung schon gebildeten Krystalle sich vorzugsweise vergrößern.

§. 105. Bei einem und demselben Stoffe findet sich aber nicht bloß eine einzige Krystallgestalt; es können vielmehr alle diejenigen Gestalten, welche nach krystallographischen Gesetzen aus der Grundgestalt desselben ableitbar sind, vorkommen. Die Bedingungen jedoch, unter welchen die eine oder die andere dieser Formen entsteht, sind bis jetzt nur in sehr wenigen Fällen genau erforscht, obgleich die Kenntniß derselben sehr wichtig erscheint. Salmiak krystallisirt aus reinem Wasser in Octaedern, aus einer viel Harnstoff enthaltenden Lösung aber in Würfeln; bei Gegenwart von wenig Harnstoff bildet sich die Combination aus Würfel und Octaeder. Kochsalz krystallisirt umgekehrt aus reinem Wasser in Würfeln, aus einer Harnstoff haltenden Lösung in Octaedern, und aus einer Borarsäure enthaltenden Lösung in der Combination aus Würfel und Octaeder. Kocht man Alaun mit den unlöslichen kohlensauren Verbindungen, z. B. von Eisen, Blei, Magnesia, so geht beim Krystallisiren die octaedrische Form in den Würfel über; offenbar war durch dieses Verfahren etwas Säure hinweggenommen worden. Lös't man octaedrische Alaunkrystalle in reinem Wasser, so erhält man beim Krystallisiren fast lauter Octaeder wieder, und nur sehr wenige Würfel; lös't man Würfel auf, so erhält man fast lauter Würfel. Lös't man Eisenvitriol, dessen Krystalle eine große Anzahl von Flächen zeigen, in Wasser und setzt etwas Kupfervitriol hinzu, so verschwinden die meisten Flächen nach und nach, bis bei einem Zusatz von 20—40 Procent nur die Grundform allein sich darstellt. Dieselbe einfache Form des Eisenvitriols entsteht auch durch Zusatz von essigsaurem Kupferoxyd oder durch Kochen mit kohlensaurem Kupferoxyd. Durch Säureüberfluß scheinen die Krystalle des Eisenvitriols eine zusammengesetztere, die des Kupfervitriols eine einfachere Form anzunehmen.

§. 106. Manche chemisch verschiedene Substanzen erscheinen in gleicher Krystallform; man nennt dieselben isomorph; so krystallisiren z. B. Antimon, Tellur und Arsenik in (fast genau) gleichen Rhomboedern. Für die Bestimmung der atomistischen Zusammensetzung ist die Isomorphie von großer Bedeutung. — Andere Stoffe erscheinen dagegen in zwei völlig von einander verschiedenen Krystallformen, die sich durchaus nicht auf einander zurückführen lassen. Man nennt dieselben dimorph. Beim Schwefel, beim kohlensauren

Kalk, beim Quecksilberjodür, beim schwefelsauren Nickeloxyd, dem schwefelsauren Zinkoxyd und der schwefelsauren Talkerde entstehen die verschiedenen Krystalle durch eine Verschiedenheit in der Temperatur. Die aus dem in Schwefelkohlenstoff aufgelös'ten Schwefel gebildeten Krystalle haben eine ganz andere Form als die aus geschmolzenem Schwefel in höherer Temperatur entstandenen. Der kohlensaure Kalk setzt sich aus seiner Auflösung in kohlensäurehaltigem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur als Kalkspath in Krystallen des dritten Systems, beim Erwärmen dagegen als Arragonit in Krystallen des vierten Systems ab. Wahrscheinlich ist auch bei allen übrigen dimorphen Krystallen die Verschiedenheit der Temperatur die Ursache der Verschiedenheit der Krystallgestalt. Die bei höherer Temperatur gebildeten Schwefelkrystalle werden bei gewöhnlicher Temperatur bald wieder matt und undurchsichtig; es geht dabei in den kleinsten Theilchen die eine Krystallform in die andere wieder über, ohne daß die äußere Form des ganzen Krystalles sich ändert.

§. 107. Die Neigung der verschiedenen Stoffe zur Krystallisation ist sehr verschieden; einige krystallisiren sehr leicht und bei ruhigem Stehen selbst aus verdünnten Lösungen, während andere nur schwer in Krystallen zu erhalten sind. Nach vorhergegangener längerer Erhitzung scheint die Krystallisation erst später einzutreten. Lös't man schwefelsaures Natron in der Siedehitze bis zur Sättigung im Wasser auf, und gießt die Lösung in Flaschen, die verschlossen werden, so krystallisirt das schwefelsaure Natron, wenn es ruhig steht, gar nicht, oder es bilden sich Krystalle, welche nur acht Atome Wasser enthalten, auf dem Boden der Flasche. (Die gewöhnlichen Krystalle enthalten zehn Atome Wasser.) Sobald man aber das Glas öffnet, und einen fremden Körper, am besten ein Stückchen eines Krystalles von schwefelsaurem Natron, in die Flüssigkeit wirft, so beginnt von diesem aus eine prächtige Krystallisation, die sich in wenigen Augenblicken durch das ganze Gefäß verbreitet. Die Temperatur der Masse erhöht sich dabei um 13 ^{0}. Liegen am Boden des Gefäßes schon Krystalle mit acht Atomen Wasser, so werden diese matt, sobald sie von der sich schnell ausbreitenden Krystallisation berührt werden.

Wenn durch Schmelzen gebildete unkrystallinische, glasartige Substanzen aufgelös't und zum Krystallisiren gebracht werden, so zeigt sich bei der Bildung eines jeden Krystalles eine glänzende Lichterscheinung. Lös't man glasartige arsenige Säure in verdünnter kochender Chlorwasserstoffsäure und läßt die Lösung langsam erkalten, so zeigt sich, wie H. Rose entdeckte, jedes Mal die Lichterscheinnng; ist die arsenige Säure durch Liegen an der Luft schon matt und porzellanartig geworden, so zeigt sich nach dem Auflösen bei der Krystallisation keine Lichterscheinung. Ebenso gelingt es, nach Rose, die Lichterscheinung zu erhalten, wenn man 11 Theile schwefelsaures Kali und 9 Theile schwefelsaures Natron zusammenschmilzt, und die dadurch erhaltene nicht krystallinische rissige Masse von glasigem Bruche sehr bald nach dem Schmelzen in kochendem Wasser auflös't, heiß filtrirt, und dann langsam erkalten läßt. Es bildet sich bei dieser leuchtenden Krystallisation ein Doppelsalz aus 2 Atomen schwefelsaurem Kali und 1 Atom schwefelsaurem Natron in der Form des reinen schwefelsauren Kalis. Anstatt der schwefelsauren Salze kann man auch die chromsauren und selensauren, welche mit den schwefelsauren dieselbe Krystallgestalt haben (also isomorph sind) anwenden. Beim Herausnehmen aus der Lösung in den ersten Stunden nach ihrer Bildung leuchten die Krystalle nochmals. — In anderen Fällen, wo zufällig die Lichterscheinung beim Krystallisiren beobachtet wurde, hat man sie bis jetzt noch nicht willkürlich wieder hervorzurufen vermocht.

Verwandt hiermit ist gewiß auch die Erscheinung, welche mehrere Körper, z. B. Chromoxyd, Titansäure, phosphorsaure Talkerde, Gadolinit u. s. w. darbieten, daß sie nämlich beim mäßigen Erhitzen plötzlich in ein vorübergehendes helleres Glühen gerathen; es ändern sich hierbei offenbar die Cohäsionsverhältnisse zwischen den kleinsten Theilchen, indem z. B. bei dem Gadolinit eine Aenderung der Dichtigkeit von 4,35 (vor dem Glühen) bis zu 4,61 (nach dem Erglühen) beobachtet wurde.

§. 108. Die Flüssigkeiten können nur eine einseitige Elasticität zeigen; dieselben lassen sich nämlich nur zusammenpressen, und dehnen sich nach dem Aufhören des Druckes wieder auf ihr ursprüngliches Volumen aus; es gibt aber kein Mittel, sie auf mechanische Weise über ihr jedesmaliges Volumen auszudehnen. Die Größe der Volumenverringerung, welche die Flüssigkeiten selbst durch einen bedeutenden Druck von außen erleiden, ist nur sehr gering. Man beobachtet dieselbe am besten mittelst der von Oerstedt angegebenen Compressionspumpe, Fig. 70. A ist ein sehr starker gläserner Cylinder, der unten und oben durch eine Messingfassung geschlossen ist. Von der obern Fassung geht ein vertikaler Pumpenstiefel B aus, in welchem sich der sehr genau anschließende Kolben C auf- und abbewegen läßt. In der Nähe des untern Endes geht aus diesem kleinen Pumpenstiefel eine Röhre D ab, welche ein gläsernes Gefäß E trägt. An der Mündungsstelle der Röhre D in dem Stiefel befindet sich ein Hahn G, welcher so durchbohrt ist, wie es die drei daneben befindlichen Durchschnitte a, b, c (in vergrößertem Maaßstabe) zeigen; er ist nämlich einmal quer durchbohrt, und dann senkrecht auf diesen Kanal nochmals bis zur Hälfte. Hat der Hahn G die Stellung a, so kann beim Aufziehen des Kolbens das Wasser aus dem Gefäße E in den leeren Raum des Stiefels B unter dem Kolben (getrieben durch den Druck der äußern Luft) eintreten. Wird der Hahn dann in die Stellung b gedreht, so geht beim Niederdrücken des Kolbens das Wasser durch die vertikale Oeffnung des Hahnes hinab in den Cylinder A. Fährt man so fort, den Hahn wieder in die Stellung a zurückzudrehen, die Pumpe voll Wasser zu saugen, den Hahn wieder in die Stellung b zurückzudrehen, und das Wasser wieder in den Cylinder zu treiben, so kann man die im Cylinder A befindliche Flüssigkeit außerordentlich stark zusammendrücken. Bringt man den Hahn in die Stellung c, so entweicht das in dem Cylinder eingepreßte Wasser wieder durch die Röhre D in das Gefäß E.

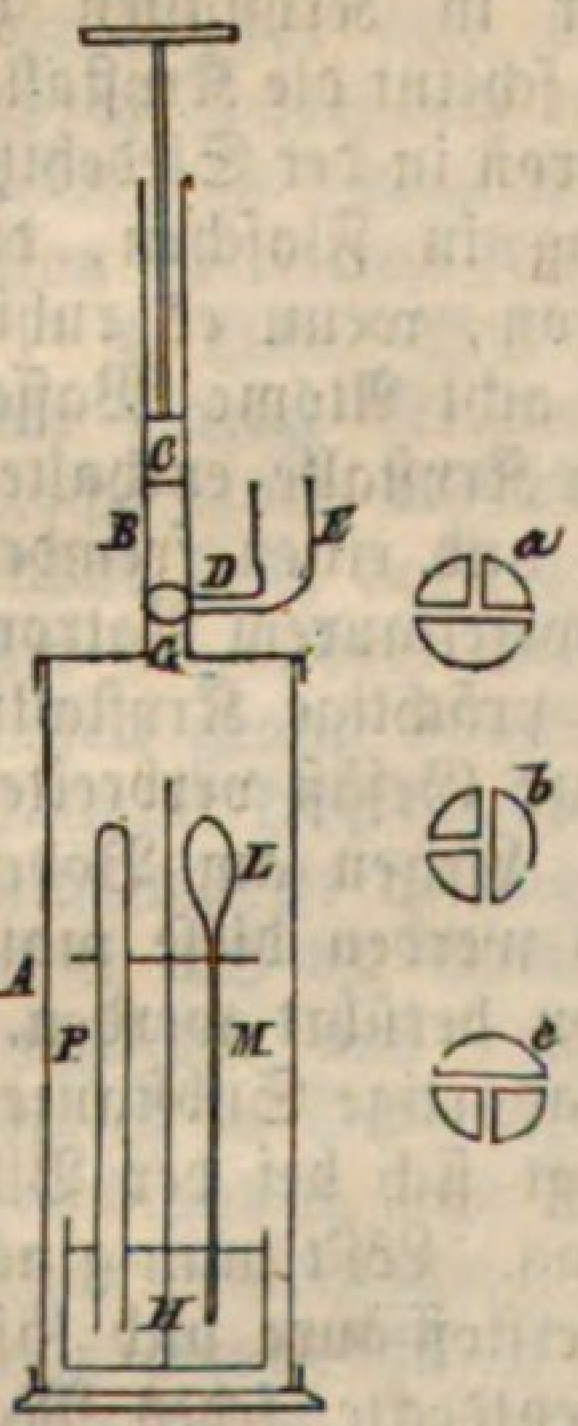


Fig. 70.

Um genaue Versuche über die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten anzustellen, füllt man ein birnförmiges Glasgefäß L (Piezometer genannt), an welches ein feines Haarröhrchen M angeschmolzen ist, mit der zu untersuchenden Flüssigkeit (z. B. mit gut ausgekochtem luftfreien Wasser) bis zu einem beliebigen Punkte des engen Haarröhrchens, und stellt es, nachdem man es völlig mit Quecksilber angefüllt hat, umgekehrt mit der Oeffnung in das Quecksilbergefäß H. Wird das Wasser in dem Cylinder A zusammengepreßt, so erfährt das Wasser in dem Piezometer durch die Oeffnung hindurch einen gleichen Druck; ist es zusammendrückbar, so wird das Quecksilber in der engen Röhre M emporsteigen. Man bestimmt nun vorher durch Füllen mit Quecksilber und durch Wiegen des leeren und des mit Quecksilber

gefüllten Gefäßes den Rauminhalt des Gefäßes L, und ebenso den Rauminhalt der Röhre M. Ist die Röhre L eingetheilt, so ist man dann im Stande, anzugeben, den wievielsten Theil der Raum zwischen zwei Theilstrichen der Röhre von dem Rauminhalte der Kugel L ausmacht. Wäre derselbe z. B. der millionenste Theil, so würde ein Fortrücken des Quecksilbers um sechs Theilstriche eine Zusammendrückbarkeit um sechs Millionentheile anzeigen. Um einen genauen Werth zu erhalten, muß man natürlich die Zusammendrückbarkeit des Glases des Piezometers, wodurch dessen Rauminhalt vergrößert wird, mit in Rechnung ziehen.

Den Druck, unter welchem die Flüssigkeit steht, mißt man durch die zweite cylindrische, genau graduirte, und mit trockener Luft gefüllte Glasröhre P, welche mit ihrem untern Ende ebenfalls in das Quecksilber des Gefäßes H taucht. Durch den Druck im Innern des Cylinders A wird die Luft comprimirt, und das Quecksilber steigt in die Höhe. Die Berechnung des Druckes aus der Stellung des Quecksilbers läßt sich auf die gleich nachher anzugebende Weise (nach dem Mariotte'schen Gesetze) ausführen; man nimmt gewöhnlich den Druck einer Atmosphäre als Einheit. — Um das Gefäß H mit den Röhren L M und P in den Cylinder einzusetzen, wird die obere Fassung abgeschraubt.

Auf diese Weise wurden von Colladon und Sturm folgende Resultate erhalten: die Zusammendrückung auf 0,76 im Barometerstand und 10° Temperatur reducirt ist in Millionentheilen des Volumens für

lufthaltiges Wasser	von 0° C.	durch	den Druck von	1	Atmosph.	= 47,20	Millionentheil
Alkohol	11,6	„	Druck der	2.	Atmosph.	= 92,87	„
Alkohol	11,6	„	„	9.	„	= 90,24	„
Alkohol	11,6	„	„	21.	„	= 85,80	„
Schwefeläther . . .	0	„	„	3.	„	= 130,00	„
Schwefeläther . . .	0	„	„	24.	„	= 118,50	„
Schwefeläther . . .	11,4	„	„	3.	„	= 146,00	„
Schwefeläther . . .	11,4	„	„	24.	„	= 138,00	„
gesättigte Ammoniaklös.	20	„	„	1	„	= 34,70	„
Salpeteräther . . .	0	„	„	1	„	= 68,20	„
Essigäther	0	„	„	1	„	= 76,00	„
Essigäther	0	„	„	16.	„	= 68,00	„
Chlorwasserstoffsäure	11,2	„	„	1—3.	„	= 82,60	„
Chlorwasserstoffsäure	11,2	„	„	6—12.	„	= 78,95	„
Essigsäure	0	„	„	1	„	= 39,00	„
Concentrirte Schwefels.	0	„	„	1	„	= 28,60	„
Salzsäure v. sp. G. 1,403	0	„	„	1	„	= 32,20	„
Terpentinöl . . .	0	„	„	1	„	= 69,70	„
Quecksilber . . .	9	„	„	1	„	= 3,00	„

Ein Volumen Wasser von 0° wird also durch den Druck von einer Atmosphäre um 47 Milliontel verkleinert.

§. 109. Während die Flüssigkeiten sich selbst durch einen starken Druck nur sehr wenig zusammendrücken lassen, so ist die Veränderung, welche das Volumen eines gasförmigen Körpers durch die Veränderung des Druckes erleidet, sehr bedeutend.

Das Gesetz, nach welchem die Volumina einer und derselben Quantität atmosphärischer Luft von dem Drucke abhängen, glaubte man bis jetzt in dem sogenannten Mariotte'schen Gesetze genau zu kennen; nach demselben sollen sich nämlich die Volumina einer und derselben Quantität Luft umgekehrt, wie die auf sie drückenden Kräfte verhalten, oder, was dasselbe heißt, die Volumina sollen sich umgekehrt verhalten, wie die Expansivkräfte der Luft, weil die Luft denselben Druck zurückgibt, den sie von außen empfängt (Druck und Gegendruck müssen stets gleich sein). Bedeuten v und v' die

Volumina einer und derselben Masse Luft unter den Drucken (oder Expansivkräften) P und P′, so soll sich also verhalten: $v : v' = P' : P$, oder es soll sein:

$$\frac{v}{v'} = \frac{P'}{P} \text{ oder } \frac{\frac{v}{v'}}{\frac{P'}{P}} = 1.$$

Man stellt zum Beweise dieses Gesetzes Versuche an, mit einer dem Heberbarometer ähnlichen Glasröhre, nur daß der kürzere Schenkel zugeschmolzen und der viel längere zweite oben offen ist. Gesetzt, man habe den Inhalt a b der kleinen Röhre Fig. 71 genau in 12 Theile getheilt, und schütte dann durch die Oeffnung d des längern Schenkels etwas Quecksilber, damit dieses den Bogen der Röhre c b ausfülle. Dadurch wird in a b eine Quantität Luft abgesperrt; man muß jedoch vorher die Luft in der Röhre völlig ausgetrocknet haben, um den Versuch nicht durch die Feuchtigkeit ungenau zu machen. Man sucht es durch Schütteln dahin zu bringen, daß das Quecksilber in b und c gleich hoch steht, dann hält die Quecksilbersäule e b der andern e c das Gleichgewicht, und die Luft in a b erleidet nur den Druck der äußern Atmosphäre. Schüttet man jetzt in den längern Schenkel c d so viel Quecksilber, daß es 28 Zoll höher steht, als in dem kürzern, so erleidet die Luft in a b den Druck von zwei Atmosphären, nämlich den Druck der Atmosphäre selbst und den ihm gleichen von 28 Zoll Quecksilber. In Folge dieses Druckes zieht sich dann die Luft in a b so weit zusammen, daß sie nur noch sechs Theile einnimmt. Durch den doppelten Druck ist also ihr Volumen auf die Hälfte reducirt, oder ihre Dichtigkeit auf das Doppelte gestiegen (weil bei einer und derselben Masse sich nach §. 69 die Dichtigkeiten umgekehrt verhalten, wie die Volumina). Schüttet man noch 28 Zoll Quecksilber in die lange Röhre c d, so steigert sich der Druck auf drei Atmosphären und die Beobachtung zeigt, daß sich das Volumen auf vier Theile, also bis auf $^1/_3$ zusammengezogen hat; die Dichtigkeit ist also umgekehrt das Dreifache der ursprünglichen geworden. Durch neue 28 Zoll Quecksilber, also durch den Druck von vier Atmosphären wird das Volumen der Luft auf drei Theile, also auf $^1/_4$ reducirt u. s. w.

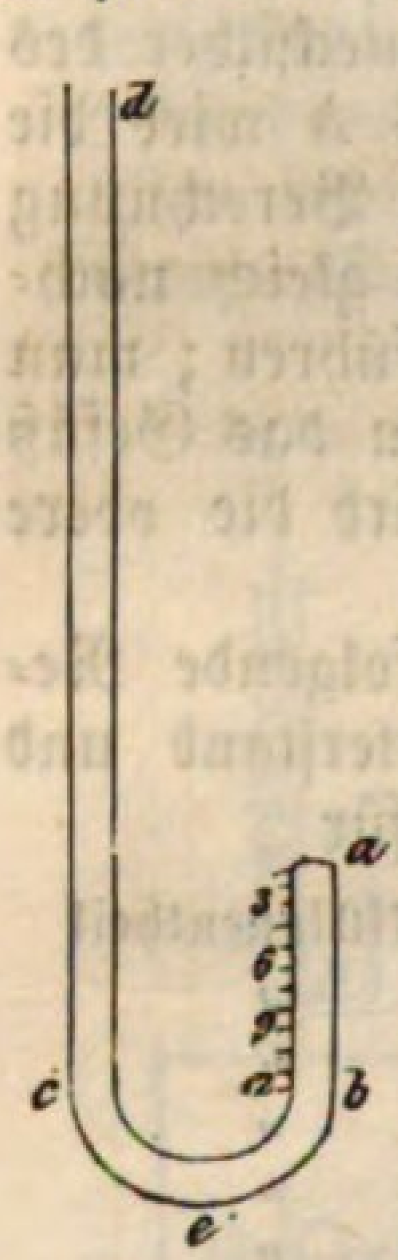


Fig. 71.

§. 110. Arago und Dulong haben den Druck bis auf 27 Atmosphären gesteigert, und fanden, daß das Volumen stets im umgekehrten Verhältnisse des Druckes stand. Da indeß die Räume, welche die Luft unter hohen Drucken einnimmt, immer geringer werden, so sieht man wohl, wie es bei dieser Art, den Versuch anzustellen, unmöglich ist, für hohe Drucke genaue Werthe zu erhalten. Regnault hat deßhalb auf eine mehr Genauigkeit gestattende Weise eine Reihe von Versuchen angestellt, und durch dieselben gefunden, daß das Mariotte'sche Gesetz für die atmosphärische Luft bei größern Drucken nicht streng richtig ist, daß das Volumen der Luft für stärkere Drucke sich etwas mehr zusammenzieht, als es nach diesem Gesetze sollte, daß also der Bruch $\frac{\frac{v}{v'}}{\frac{P'}{P}}$ nicht gleich ist 1, sondern größer als 1, und um so mehr wächst, je größer der Druck wird.

Er stellte den Versuch so an, daß er die kurze Röhre genau in zwei gleiche Hälften theilte; er füllte dann die ganze Röhre mit trockener Luft, und schüttete so viel Quecksilber in die lange Röhre, bis die Luft genau um die Hälfte ihres Volumens zusammengepreßt war. Hierauf maß er die Länge der Quecksilbersäule, und erhielt so den Druck, welcher das Volumen gerade auf die Hälfte verringert hatte. Jetzt füllte er die ganze Röhre mit Luft von der doppelten Dichtigkeit, die also nahe unter einem zweifachen Atmosphärendrucke stand, und schüttete dann so viel Quecksilber hinzu, bis die Luft wieder auf die Hälfte zusammengedrückt war; maß die Länge der Quecksilbersäule und erhielt dadurch den Druck u. s. f. Auf solche Weise setzte er die Versuche fort, indem er immer stärker verdichtete Luft in a b brachte, und diese durch Quecksilber bis auf die Hälfte zusammendrückte.

§. 111. Für Versuche unter hohem Drucke, welche keine sehr große Genauigkeit erfordern, kann man sich immer noch der Bequemlichkeit wegen des Mariotte'schen Gesetzes bedienen, ohne große Fehler befürchten zu müssen; bei Versuchen mit verdünnter Luft ist das Mariotte'sche Gesetz ganz streng richtig. Um sich von dem zuletzt Gesagten zu überzeugen, nimmt man eine graduirte Röhre A B Fig. 72, füllt sie mit Quecksilber, stellt sie mit dem untern offenen Ende in ein Gefäß C D mit Quecksilber, und läßt ein wenig gut ausgetrocknete Luft über das Quecksilber in die Röhre aufsteigen. Senkt man jetzt die Röhre so tief in das Quecksilber, daß dasselbe innerhalb und außerhalb der Röhre gleich hoch steht, so erleidet die Luft in der Röhre genau den Druck der Atmosphäre, den man durch die Beobachtung eines Barometers bestimmen kann. Es möge in dieser Stellung der Theil A E der Röhre mit Luft gefüllt sein, so daß der Punkt E mit der Quecksilberoberfläche im Gefäße G zusammenfällt. Hebt man dann die Röhre aus dem Gefäße etwas in die Höhe, so wird das Quecksilber in der Röhre höher (bei F) stehen, als außerhalb (bei G), und die Luft in der Röhre wird folglich nicht mehr mit dem Drucke der ganzen Atmosphäre zusammengepreßt, weil ein Theil dieses Druckes schon durch die in der Röhre aufgestiegene Quecksilbersäule F G getragen wird. Gesetzt, es stehe das Quecksilber in der Röhre sieben Zoll höher (G F = 7 Zoll), so hat die Atmosphäre erst noch den Druck einer Quecksilbersäule von 7 Zoll zu überwinden, bevor sie die Luft in A F zusammendrücken kann. Der Druck auf die Luft in A F ist folglich gerade um die Höhe G F = 7 Zoll geringer als der Barometerstand; ist letzterer = 28 Zoll, so beträgt dieser Druck noch 28 — 7 = 21 Zoll, also nur noch $^3/_4$ Atmosphärendruck. Das Volumen der Luft hat sich aber durch die Verringerung des Druckes von A E auf A F ausgedehnt, und der Versuch ergiebt, daß, wenn A E z. B. 12 Theile waren, der Raum A F 16 solcher Theile beträgt, daß er sich also in dem Verhältniß von 3 : 4 vergrößert hat. Es stehen mithin die Räume genau im umgekehrten Verhältnisse der Druckkräfte. Die Dichtigkeiten der Luft stehen dagegen im geraden Verhältnisse mit diesen Druckkräften, und wenn in dem vorigen Versuche der Druck sich auf $^3/_4$ des Atmosphärendrucks verminderte, so verminderte sich die Dichtigkeit der Luft in A F ebenfalls auf $^3/_4$ der ursprünglichen.

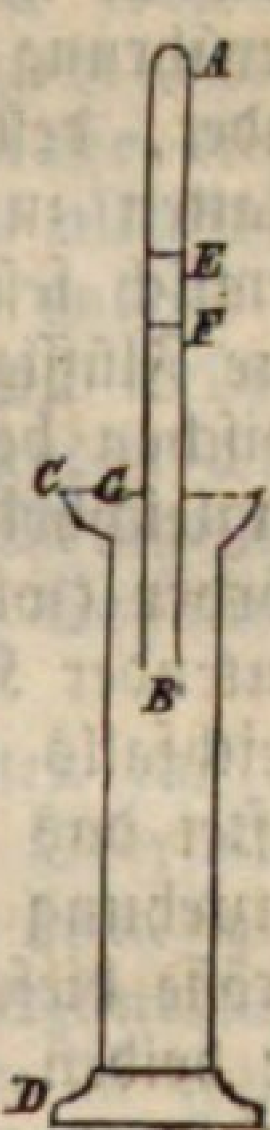


Fig. 72.

Werden andere Gasarten als die in der atmosphärischen Luft enthaltenen comprimirt, so weichen sie von dem Mariotte'schen Gesetze um so mehr ab, je mehr sich der Druck derjenigen Grenze nähert, bei welcher sie durch denselben flüssig gemacht werden. Alle Gasarten nehmen stets beim

Comprimiren ein etwas kleineres Volumen ein, als sich aus dem Mariotte-schen Gesetze ergibt, mit Ausnahme des Wasserstoffs, der sich durch den Druck in einem etwas geringern Verhältnisse zusammenzieht. Ist das Gesetz über die Compression der atmosphärischen Luft bekannt, so stellt man die Versuche über die Compression der andern Gasarten am bequemsten in dem Fig. 70 abgebildete Apparate an, indem man an die Stelle des Piezometers ML eine der P gleich graduirte Röhre, welche mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt ist, anbringt, und die in beiden Röhren befindlichen Gasarten gleichzeitig comprimirt. Die mit atmosphärischer Luft gefüllte Röhre dient dann nur zur Bestimmung des Druckes, unter welchem die Gasarten stehen.

§. 112. Es findet aber nicht nur zwischen den Theilchen eines und desselben Körpers, sondern auch zwischen den Theilchen zweier Körper, mögen sie von gleichem oder von verschiedenem Stoffe sein, eine gegenseitige Anziehung statt, sobald dieselben in eine unendlich kleine Entfernung, also in Berührung mit einander gebracht werden. So hängen leichte Körper, wie Staub, Kreide u. s. w. sich an die Wände und Tafeln an, ja selbst eine etwas schwerere Metallplatte, welche genau auf einer andern abgeschliffen ist, hängt, wenn sie gegen dieselbe gedrückt ist, so fest, daß sie durch ihr eigenes Gewicht nicht von ihr getrennt werden kann. Je genauer, je inniger die Berührung und je größer die Fläche ist, in welcher die Berührung statt findet, desto größere Kraft wird erfordert, um zwei auf einander gelegte Platten zu trennen. Zwei sorgfältig geschliffene Glasplatten haften schon ziemlich fest an einander; vermehrt wird aber diese Anziehung, wenn man eine Flüssigkeit, z. B. Wasser, oder gar einen fetten Körper, z. B. Talg, zwischen beide Platten bringt, um durch denselben die etwa noch vorhandenen Ungleichheiten auszufüllen. Trocknet ein zwischen zwei Platten gebrachter Körper (wie der Leim, Eiweiß u. s. w.), so haften dieselben mit sehr bedeutender Kraft an einander. Läßt man eine blanke Kupferplatte mit einer gleichfalls blanken Silberplatte zusammen durch ein Walzwerk gehen, so haftet das Silber vollkommen fest auf der Kupferplatte. Man nennt diese Anziehung zweier Körper in der Berührung die Adhäsion, und mißt die Größe dieser Adhäsionskraft eben durch das Gewicht, welches nöthig ist, um die beiden in Berührung befindlichen Platten (Adhäsionsplatten) von einander zu reißen.

§. 113. Wenn ein flüssiger Körper mit einem festen in Berührung gebracht wird, z. B. auf eine ebene, horizontal gestellte Fläche in kleinen Massen ausgegossen, so werden die kleinen Tropfen entweder sich über die Fläche ausbreiten, oder ihre rundliche Form behalten; im ersten Fall (wenn z. B. Wasser auf eine reine Glasplatte gespritzt wird) sagt man, daß der feste Körper von dem flüssigen benetzt wird, im zweiten dagegen (wenn z. B. Wasser auf eine fettige Oberfläche oder Quecksilber auf eine reine Glasfläche in kleinen Mengen geworfen wird) sagt man, daß der feste Körper von dem flüssigen nicht benetzt wird. Offenbar ist im ersten Falle die Anziehungskraft zwischen der Flüssigkeit und dem festen Körper größer als das Bestreben der erstern, die Kugelform anzunehmen, während im zweiten Falle das Umgekehrte Statt findet. Daß aber die Adhäsion oder die Anziehung selbst zwischen solchen Stoffen auch dann noch vorhanden ist, wenn der feste Körper nicht von dem flüssigen benetzt wird, z. B. zwischen einer Glasfläche und zwischen Quecksilber, läßt sich auf ähnliche Weise, wie die Adhäsion zwischen zwei festen Körpern nachweisen. Man bringt eine an drei Schnüren horizontal aufgehangene Glasplatte in's Gleichgewicht, und stellt dann ein mit reinem Quecksilber gefülltes Gefäß so unter die Platte,

daß dieselbe die Oberfläche berührt. Um die Glasplatte von dem Quecksilber loszureißen, bedarf es eines größern Gewichtes. Wenn keine Anziehung zwischen dem Quecksilber und der Glasplatte stattfände, so müßte das geringste Uebergewicht auf der zweiten Seite die Glasplatte von der Quecksilberoberfläche entfernen. Man wird bei der Wiederholung dieses Versuches aber für das zum Abreißen nöthige Uebergewicht nicht genau dieselbe Größe erhalten. Wendet man dagegen statt des Quecksilbers Wasser oder Weingeist, also überhaupt eine Flüssigkeit an, welche die Glasplatte benetzt, so wird man für diese Flüssigkeiten bei der Wiederholung der Versuche immer genau dieselbe Größe des Gewichtes, aber für jede der genannten Flüssigkeiten eine verschiedene finden. Eine Aenderung des Stoffes der festen Platte ändert dagegen an diesen Resultaten gar nichts.

Bei genauerer Betrachtung des angegebenen Versuches gewahrt man bald, daß das zum Abreißen der der Flüssigkeitsoberfläche adhärirenden Platte nothwendige Uebergewicht keineswegs die Größe der Adhäsion zwischen dem festen und flüssigen Körper mißt, sondern eine von der Cohäsionskraft der Flüssigkeitstheilchen unter sich abhängige Größe ist. Wenn nämlich, während die der Oberfläche der Flüssigkeit adhärirende Platte an dem einen Arme einer Waage hängt auf die Waagschale des andern Armes ein Gewicht gelegt wird, so hebt sich die Platte etwas in die Höhe und zieht dabei, indem die Flüssigkeit an der Platte adhärirt, eine cylindrische Masse dieser Flüssigkeit mit in die Höhe. Wird das Gewicht auf der Waagschale allmählig vermehrt, so wird dieser Flüssigkeitscylinder immer höher, bis er endlich in einiger Entfernung unter der Platte zerreißt. Wenn das Gewicht, welches eine Platte von der Oberfläche des Wassers losreißt, größer gefunden wird als dasjenige, welches dieselbe Platte von der Oberfläche des Weingeistes losreißt, so kann man mit Recht den Wassertheilchen eine größere Cohäsion, als den Theilchen des Weingeistes zuschreiben.

§. 114. Durch die Beweglichkeit der Theilchen der Flüssigkeiten entsteht in der Nähe der festen Körper eine eigenthümliche Gestaltung der Oberfläche der erstern. Ist nämlich die Adhäsion zwischen der Flüssigkeit und dem festen Körper größer als das Bestreben der Flüssigkeit, die Kugelform anzunehmen (d. h. benetzt die Flüssigkeit den festen Körper), so wird die letztere in Folge der Adhäsion um den eingetauchten festen Körper sich etwas über das Niveau erheben. Wird umgekehrt der feste Körper nicht von dem flüssigen benetzt, so wird die Flüssigkeit sich auf die entgegengesetzte Seite krümmen, so daß sie in der Nähe des festen Körpers tiefer steht als in einiger Entfernung. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich nun auch an den Rändern der Gefäße; eine die Gefäßwand benetzende Flüssigkeit bildet eine concave (an den Rändern nach oben gezogene), eine dieselbe nicht benetzende, dagegen eine convexe (an den Rändern niedergedrückte) Oberfläche. Wird das Gefäß, worin die Flüssigkeit sich befindet, sehr eng, so entstehen in Folge der erwähnten Anziehung zwischen den Theilchen der flüssigen und festen Körper eigenthümliche Erscheinungen. Solche enge Röhren heißen H a a r r ö h r c h e n (Capillarröhrchen), und die Anziehungen in denselben die Haarröhrchenanziehungen (Capillarattractionen).

§. 115. Taucht man ein enges, reines Glasröhrchen in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, so wird das Wasser in Folge der stärkern Anziehung zu den festen Wänden der Röhre sich im Innern der Röhre über das äußere Niveau erheben, und von einer concaven Oberfläche begrenzt sein. Die Erhebung über das äußere Niveau beträgt um so mehr, je enger das

Röhrchen ist, und zwar verhalten sich die Höhen der gehobenen Flüssigkeitssäulen genau umgekehrt wie die Durchmesser der Röhren. Die Höhen bleiben auch dieselben, wenn der Stoff, aus welchem die Röhre gebildet ist, sich ändert, wenn nur die Wände derselben gut von der Flüssigkeit benetzt werden; sie ändern sich aber mit der Flüssigkeit, in welche die Röhren eingetaucht werden. Taucht man eine etwas weitere Glasröhre in Wasser, füllt aber ihr Inneres zum größten Theile durch eine zweite in die erste hineingeschobene Glasröhre (oder Glasstab) so aus, daß nur ein enger ringförmiger Zwischenraum zwischen den beiden Röhren übrig bleibt, so steigt das Wasser in demselben in die Höhe, und erhebt sich gerade so hoch, als es in einer einfachen cylindrischen Röhre stehen würde, deren Halbmesser so groß ist, wie der Abstand zwischen den beiden erwähnten Röhren. Bei Röhren, deren Querschnitt ein Quadrat, ein Parallelogramm u. s. w. ist, lassen sich Gesetze aufstellen, welche von dem Verhältnisse der Dimensionen des Querschnittes abhängen. Stellt man zwei Glasplatten in einer Flüssigkeit so an einander, daß sie sich auf der einen Seite in einer geraden Linie berühren, und nach der andern hin ein wenig sich von einander entfernen, so stellt das zwischen ihnen emporgehobene Wasser die Figur einer krummen Linie (einer gleichseitigen Hyperbel) dar; an der Seite, an welcher die Glasplatten sich berühren, steht das Wasser höher als nach der andern hin.

Die Wirkungen dieser Haarröhrchenanziehung zeigen sich in vielen Erscheinungen, bei denen man sehr häufig gar nicht an dieselben denkt. In allen porösen Körpern, z. B. in einem Stück Zucker steigt die Flüssigkeit, in welche es mit dem untersten Theile eingetaucht ist, in die Höhe; das Oel oder der geschmolzene Talg steigt in den zwischen den Fasern des Dochtes gebildeten engen Kanälen empor u. s. w.

§. 116. Wenn die Flüssigkeit die Wände der Röhren nicht benetzt, so tritt keine Erhebung der Flüssigkeit im Innern der Röhren, sondern ein Herabdrücken derselben unter das äußere Niveau ein; man nennt dasselbe eine Capillardepression. Die Oberfläche der Flüssigkeit ist in diesem Falle convex. Es folgt diese Depression ganz gleichen Gesetzen als die Erhebung, in cylindrischen Röhren verhalten sich die Höhen der niedergedrückten Flüssigkeitssäulen umgekehrt wie die Durchmesser derselben. Als einfaches Beispiel für diese Capillardepression kann eine in Quecksilber eingetauchte Glasröhre angewandt werden.

Anstatt die engere Röhre in ein Gefäß mit Flüssigkeit einzutauchen, kann man aus ihr auch den engern Schenkel zweier communicirenden Röhren bilden; in beiden Fällen wird dann das frühere Gesetz über die communicirenden Röhren §. 52 auf folgende Weise abgeändert. Eine die Röhren benetzende Flüssigkeit steht in der engern Röhre höher, eine die Röhren nicht benetzende dagegen tiefer als in der weitern. Der letztere Fall findet beim Gefäßbarometer Statt, und es müssen deßhalb auch bei der Bestimmung des Luftdruckes aus dem Stande desselben die nöthigen, von der Weite der Glasröhren abhängigen Correctionen angebracht werden, wie solche §. 74 angegeben wurden.

§. 117. Die Anziehungen, welche die festen Wände der Haarröhrchen auf die zwischen ihnen befindlichen Flüssigkeiten ausüben, erstrecken sich freilich nur, wie bei allen Molecularwirkungen, auf sehr kleine Entfernungen. Es kann also die Flüssigkeit durch die Adhäsion nur dicht an den Wänden gehoben werden; der hierdurch gehobene Wassercylinder bildet dann aber gleichsam wieder eine neue Röhre, in welcher die Flüssigkeit steigen kann u. s. f. Bei Flüssigkeiten, welche die Röhrenwand benetzen, muß hiedurch eine

concave, bei solchen dagegen, welche die Röhrenwand nicht benetzen, eine convexe Oberfläche entstehen.

Es ist nicht möglich, hier eine genaue Herleitung der Gesetze für die Capillarattraction ohne Hülfe der Mathematik zu geben, es mag deßhalb nur noch eine kurze Erörterung hinzugefügt werden, auf welche Weise eine concave Fläche eine Flüssigkeitssäule zu heben, und eine convexe eine solche Säule niederzudrücken vermag. Es sei C, Fig. 73, ein Theilchen im Innern der Flüssigkeit, welche in dem Gefäße A B enthalten ist. Jedes Theilchen wirkt auf die nächstliegenden anziehend; da diese Wirkung sich jedoch nur auf eine sehr geringe Entfernung erstreckt, so werden die von allen Seiten auf das Theilchen C erfolgten Anziehungen sich gegenseitig aufheben. Anders ist es dagegen, wenn man die Wirkung der umliegenden Theilchen auf ein an der Oberfläche befindliches Theilchen D näher betrachtet. Die Anziehungen der zur Seite liegenden Theilchen heben sich auf, aber für die das Theilchen D nach unten treibende Anziehung fehlt es an einer entsprechenden Gegenwirkung nach oben. Es erleiden folglich sämmtliche, an der ebenen Oberfläche befindlichen Theilchen ebenso wie D einen Druck nach unten, welcher den aus dem Gewichte derselben entstehenden Druck noch vergrößert. Ist nun E F eine enge Röhre, welche von der Flüssigkeit des Gefäßes benetzt wird, so zeigt sich sogleich beim Eintauchen in Folge der Adhäsion eine concave Oberfläche g h i. Betrachtet man aber die Wirkung dieser concaven Oberfläche auf das in h befindliche Theilchen, so wirkt, da zu beiden Seiten nach g und i hinauf sich schon Theilchen über der durch h gelegten horizontalen Linie befinden, dem Zuge der Anziehungen der dem h nächsten Theilchen nach unten schon eine, wenn auch geringere Anziehung, durch diese obern seitlichen Theilchen nach oben entgegen. Folglich wird das auf einer concaven Oberfläche befindliche Theilchen h durch diese Molecularkräfte weniger stark herabgezogen, als die auf der ebenen Oberfläche gelegenen Theilchen D; um also dem Drucke dieser Kräfte außerhalb der Röhre das Gleichgewicht zu halten, muß die Flüssigkeit innerhalb der Röhre steigen, und durch ihre Schwere das ersetzen, was an dem Drucke auf die Oberfläche fehlt. Je enger die Röhre ist, desto mehr liegen die Theile g und i über h, desto geringer wird also der auf h nach unten wirkende Druck, und desto höher muß die Flüssigkeit in der Röhre steigen; die Höhe hängt aber von der Cohäsion der Flüssigkeit ab.



Fig. 73.

Leicht ist einzusehen, daß, wenn die Flüssigkeit die Röhrenwand, wie in der Röhre K L nicht benetzt, der das Theilchen n nach unten treibende Druck größer ist, als der, welcher das Theilchen D nach unten treibt, weil auch die zur Seite von n liegenden Theilchen fehlen. Der Druck, welchen n nach unten erleidet, wird um so mehr zunehmen, je stärker die Oberfläche m n o gekrümmt ist. Es wird deßhalb die Flüssigkeit innerhalb der Röhre tiefer stehen, als außerhalb.

§. 118. Eine concave Oberfläche drückt nach dem Vorhergehenden weniger nach unten, als eine ebene, und diese wieder weniger, als eine convexe. Man kann dieses sehr gut beobachten, wenn man eine enge heberförmig gebogene Glasröhre a b c, Fig. 74, nimmt, und mit einer Flüssigkeit füllt, welche dieselbe benetzt, also z. B. mit Wasser. Gießt man so viel Wasser hinein, daß sich in beiden Schenkeln bei b und c noch eine gleich starke

concave Oberfläche bildet, so wird die Capillarattraction auf beide Oberflächen gleich groß sein, und folglich die Flüssigkeit nach dem Gesetz der communicirenden Röhren in beiden Schenkeln gleich hoch stehen. Füllt man etwas mehr Flüssigkeit hinein, so daß bei c eine ebene Fläche entsteht, so wird der Druck auf diese ebene Oberfläche größer sein, als auf die concave; es wird in Folge davon die Flüssigkeit in dem andern Schenkel bis d steigen. Gelingt es, noch etwas mehr Flüssigkeit einzufüllen, so daß die Oberfläche in c gar conver wird, wie sie punktirt angegeben ist, so erleidet diese convere Oberfläche einen noch stärkern Druck, und die Flüssigkeit steigt in dem andern Schenkel noch höher, bis e. Je converer die Oberfläche in c ist, um so höher steht die Oberfläche e der Flüssigkeit im andern Schenkel. — Haben in einem Heberbarometer die Oberflächen des Quecksilbers in beiden Schenkeln nicht eine gleich starke Krümmung (wie dieß in engen Barometerröhren wegen der durch die Reibung erschwerten Bewegung des Quecksilbers öfter der Fall ist), so steht das Quecksilber (auch wenn beide Röhren genau gleich weit sind) dennoch in der Röhre, welche die converere Oberfläche zeigt, zu tief, und in der andern zu hoch.

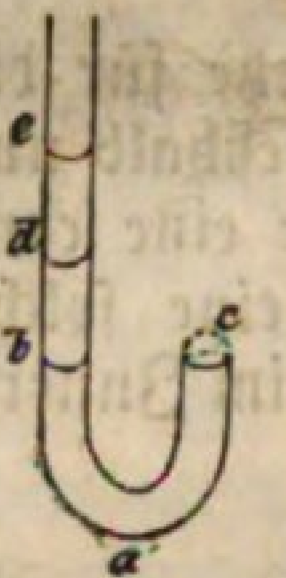


Fig. 74.

§. 119. Verwandt mit den Capillarerscheinungen ist die sogenannte Endosmose und Erosmose. Wenn nämlich ein Gefäß A B, Fig. 75, mit Wasser gefüllt, und eine unten mit einer thierischen Blase verschlossene, und mit einer concentrirten Lösung von Zucker oder Gummi u. s. w. angefüllte Röhre C D in dieses Wasser eingetaucht wird, so tritt das Wasser in größerer Menge durch die Blase hinein zu der Zuckerlösung (Endosmose), als umgekehrt die Zuckerlösung heraus zu dem Wasser (Erosmose), so daß die in der Röhre befindliche Flüssigkeitsmenge sich vergrößert, und das Niveau derselben bis F sich erhebt. Befindet sich umgekehrt die Zuckerlösung außerhalb in dem Gefäße, und das Wasser in der Röhre, so muß aus dem vorhin angegebenen Grunde jetzt die Flüssigkeit im Innern der Röhre geringer werden und ihr Niveau sinken. Aehnlich wie die thierische Blase wirken poröse Thongefäße. Das Steigen (oder Sinken) der Flüssigkeit dauert fort, bis die Stoffe auf beiden Seiten gleichartig gemischt sind.



Fig. 75.

§. 120. Ganz ähnliche Erscheinungen, wie sie zwei Flüssigkeiten, welche durch eine poröse Scheidewand getrennt sind, darbieten, zeigen auch zwei durch einen porösen Körper getrennte Gasarten, die sogenannte Diffusion. Wird z. B. eine ungefähr einen Zoll weite Glasröhre oben mit einem trockenen Gypspfropf genau verschlossen, und über Quecksilber mit Wasserstoffgas gefüllt, so dringt durch den Gypspfropf ein größeres Quantum Luft nach außen, als atmosphärische Luft nach innen; es muß deßhalb sehr bald das Quecksilber in der Röhre anfangen zu steigen. Nach Graham verhalten sich die Geschwindigkeiten, mit welchen zwei Gase durch eine poröse Scheidewand dringen, umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Dichtigkeiten, so daß das Wasserstoffgas, dessen Dichtigkeit ungefähr 14 Mal kleiner ist, als die der atmosphärischen Luft, 3,8 Mal so schnell durch den Gypspfropf dringt, als die atmosphärische Luft (d. h. für 3,8 Volumen Wasserstoff, welche austreten, dringt nur ein Volumen Sauerstoff hinein).

§. 121. Poröse Körper üben auf die Gase überhaupt wegen ihrer großen Oberfläche, welche sie zur Berührung darbieten, eine außerordentliche Wirkung aus. Bringt man z. B. ein Stück frisch ausgeglühte, und unter Quecksilber abgelöschte Kohle unter eine mit Quecksilber gesperrte Röhre, welche ein Gas enthält, und läßt die Kohle in demselben zum Gase aufsteigen, so beginnt dieselbe mit Schnelligkeit einen Theil des Gases einzusaugen. Unter der Luftpumpe kann sie wieder davon befreit werden; ebenso auch mehr oder weniger durch das Hinzutreten eines andern Gases, welches das erstere verdrängt. Die Menge des von der Kohle eingesaugten Gases ist bei den verschiedenen Gasen und bei den mehr oder minder porösen (also eine mehr oder weniger große Oberfläche darbietenden) Kohlen sehr verschieden. Auf ähnliche Weise wirken auch Flüssigkeiten auf die Gase; oft werden die letzteren von geeigneten Flüssigkeiten in hohem Grade absorbirt. — Auch andere poröse Körper wirken wie die Kohle, z. B. fein zertheiltes Platin, das eine große Menge Sauerstoff einzusaugen vermag.

So wie sich im Innern der porösen Körper die Gasarten anhäufen, so werden dieselben überhaupt an der Oberfläche aller Körper adhäriren. Bekannt ist ja durch elektrische Versuche, wie leicht sich der Wasserdampf aus der atmosphärischen Luft auf der Oberfläche einer Glasröhre niederschlägt, und zu einer unsichtbaren Flüssigkeitsschicht verdichtet. Es muß aber die Oberfläche eines Körpers nach ihrer Beschaffenheit, d. h. nach der größern oder geringern Reinheit und nach vorhergegangenen Berührungen mit flüssigen und gasförmigen Körpern eine verschiedene Einwirkung auf die verschiedenen Gasarten äußern. Wird also z. B. ein Stück reines Glas mit einem Stückchen Papier, in welchem Figuren ausgeschnitten sind, bedeckt, und angehaucht, so daß sich der ausgeathmete Wasserdampf nur auf den im Papier ausgeschnittenen Stellen am Glase niederschlagen kann, so werden, selbst wenn alles niedergeschlagene Wasser verdampft ist, so daß das Auge durchaus keinen Unterschied auf der Glasfläche mehr wahrnehmen kann, dennoch bei neuem Anhauchen die Figuren wieder sichtbar werden, weil diejenigen Stellen, welche beim ersten Anhauchen von den Dämpfen berührt wurden, jetzt eine andere Anziehung gegen die Wasserdämpfe ausüben, als die von diesen noch nicht berührten Theile der Oberfläche. Aehnlich wie gegen Wasserdämpfe verhalten sich die Oberflächen der Körper auch gegen die Quecksilberdämpfe, und letztere zeigen die Ungleichheiten in dem Zustande der Oberflächen der Körper gewöhnlich noch schärfer, und zugleich auch dauernder an. Diese Ungleichheiten in dem Zustande der Oberfläche lassen sich auch durch die Berührung oder durch die Annäherung an feste Körper erzeugen; stellt man einen gravirten Metallstempel, eine gravirte Achatplatte u. s. w. auf eine jodirte Silberplatte, so wird die Platte, wenn man sie nach einiger Zeit den Quecksilberdämpfen aussetzt, ein vollkommen deutliches und genaues Abbild des Stempels zeigen. Dasselbe gelingt auch mit einer nicht jodirten, frisch polirten Silberplatte (versilberten Kupferplatte, wie sie zu den Daguerre'schen Bildern verwendet werden). Moser, dem man diese Entdeckung verdankt, sucht diese Erscheinungen aus der Annahme zu erklären, daß jeder Körper in einem gewissen Grade selbstleuchtend sey, und durch die von ihm ausgesendeten Lichtstrahlen, für welche unser Auge freilich nicht empfindlich ist, ebenso auf die Oberfläche der Platten einwirke, als wie das gewöhnliche Licht bei dem Verfahren zur Darstellung der Daguerre'schen Lichtbilder.

Bisweilen werden durch Berührung mit gewissen Oberflächen chemische Verbindungen veranlaßt; so bewirkt z. B. die reine Oberfläche des Platins

eine Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff zu Wasser. In diesen Fällen scheinen eigenthümliche, von den bisher behandelten verschiedene Kräfte wirksam zu sein.

Sechster Abschnitt.

Von der Bewegung der festen Körper.

§. 122. In den vorhergehenden Abschnitten sind die Bedingungen aufgestellt worden, welche nöthig sind, damit die Kräfte, welche auf die verschiedenen Körper wirken, sich gegenseitig im Gleichgewicht halten. In diesem und den folgenden Abschnitten sollen nun die Körper nicht mehr im Zustande der Ruhe, sondern im Zustande der Bewegung betrachtet und zugleich die Gesetze, denen sie in den verschiedenen Bewegungen unterworfen sind, festgestellt werden.

Man hat bei jeder Bewegung auf ihre Richtung und auf ihre Geschwindigkeit zu achten. In Betreff der ersteren kann ein Körper entweder fortwährend eine und dieselbe Richtung beibehalten, sich also in einer geraden Linie fortbewegen (geradlinige Bewegung) oder er kann seine Richtung in jedem Augenblicke ändern, und eine bestimmte krummlinige Bahn beschreiben (krummlinige Bewegung). Bei der krummlinigen Bewegung wird die zu jedem Punkte der Bahn gehörige Richtung gefunden durch die Construction der Tangente in diesem Punkte. Beschreibt z. B. der Körper einen Kreis, so fällt die Richtung in jedem Punkte dieser Bahn zusammen mit der in diesem Punkte an den Kreis gezogenen Tangente, also mit derjenigen Linie, welche auf dem nach diesem Punkte gezogenen Radius senkrecht steht.

Erhält ein Körper durch eine Kraft nur einen einzigen Stoß, so erlangt er dadurch ein bestimmtes Bestreben sich vorwärts zu bewegen. Nimmt man an, daß der Körper in einem absolut leeren Raume sich bewegt, so ist kein Grund vorhanden, warum sein Bestreben sich vorwärts zu bewegen, sich vermindern oder vermehren soll; der Körper wird vielmehr dieses Bestreben ganz unverändert beibehalten, und in Folge dessen seinen Ort gleichförmig verändern. Man hat kein anderes Mittel, dieses Bestreben des Körpers zu messen, als eben durch den Erfolg, also durch die Zurücklegung eines bestimmten Raumes in einer bestimmten Zeit. Da, wie gezeigt, der durch einen Stoß angetriebene Körper gleichförmig seinen Ort verändert, so wird er in gleichen Zeiten auch gleiche Räume zurücklegen, oder in verschiedenen Zeiten wird derselbe Räume zurücklegen, die sich verhalten grade wie die Zeiten. Bedeuten also S und s die Räume, welche in den Zeiten T und t (S in T, und s in t) zurückgelegt werden, so hat man $S : s = T : t$.

Aus vorstehender Proportion läßt sich die Gleichung bilden $\frac{S}{T} = \frac{s}{t}$. Man sieht also, daß bei dieser Bewegung die Verhältnisse zwischen den Räumen und den zugehörigen Zeiten (also die Quotienten aus den Räumen dividirt durch die zugehörigen Zeiten) eine constante Größe bilden. Setzt man dieselbe C, so ist $C = \frac{S}{T} = \frac{s}{t}$. Dieses Verhältniß zwischen Raum

und Zeit, das bei der gegebenen Bewegung unverändert dasselbe bleibt, oder diese constante Größe C nennt man die Geschwindigkeit des Körpers. Da die Geschwindigkeit bei einer durch einen Stoß erfolgten Bewegung dieselbe bleibt, so heißt diese Bewegung eine gleichförmige. Erfolgt auf einen Körper ein stärkerer oder schwächerer Stoß, so wird die Geschwindigkeit größer oder kleiner werden, aber während der durch diesen Stoß veranlaßten Bewegung bleibt sie unverändert in ihrer Größe.

Die Formel $C = \frac{S}{T}$ sagt, daß man die Geschwindigkeit eines Körpers findet, wenn man mit der Zeit in den während derselben zurückgelegten Raum dividirt. Der Raum S kann in Meter, Fußen u. s. w. ausgedrückt werden; die Zeit T ist gewöhnlich, wenn nichts Anderes erwähnt wird, in Secunden angegeben. Dividirt man den Raum S durch die Anzahl der Secunden, welche der Körper gebraucht, um ihn zu durchlaufen, so findet man, welchen Raum der Körper in einer einzigen Secunde zurücklegt. Man kann deßhalb auch sagen, die Geschwindigkeit C ist derjenige Raum, welchen ein Körper in einer Secunde zurücklegt. Legt also ein Körper 96 Fuß in 24 Secunden zurück, so ist seine Geschwindigkeit = 4 Fuß (in jeder Secunde legt der Körper 4 Fuß zurück).

Da die Geschwindigkeit C den Raum ausdrückt, den ein Körper in einer Secunde zurücklegt, so erhält man den Raum, welchen der Körper in T Secunden zurücklegt, indem man C mit T multiplicirt. Nennt man den Raum, den ein Körper in T Secunden zurücklegt, wie vorhin S, so ist $S = CT$. Ist die Geschwindigkeit eines Körpers = 4 Fuß, d. h. legt er in einer Secunde 4 Fuß zurück, so durchläuft er in 24 Secunden einen Raum von 4×24 Fuß; also $S = 4 \times 24$ F. = 96 F.

Es könnte drittens auch der Raum S, den ein Körper mit einer bestimmten Geschwindigkeit C durchläuft, gegeben sein, und die Zeit T, welche der Körper gebraucht, um diesen Raum S mit der Geschwindigkeit C zurückzulegen, gesucht werden. Man erhält $T = \frac{S}{C}$, d. h. man findet die Zeit, wenn man den gegebenen Raum durch die gegebene Geschwindigkeit dividirt. Die Richtigkeit vorstehender Formel sieht man sogleich ein, wenn man bedenkt, daß ein Körper so viele Secunden nöthig haben wird, um den Raum S zurückzulegen, als oft der Raum, den er in einer Secunde durchläuft (also die Geschwindigkeit C) in S enthalten ist. Einen Raum von 96 Fuß wird also ein Körper mit einer Geschwindigkeit von 4 Fuß in 24 Secunden zurücklegen.

Die drei vorstehenden Formeln $C = \frac{S}{T}$, $S = C\,T$, und $T = \frac{S}{C}$ sind hinreichend, um alle Aufgaben, welche sich auf die gleichförmige Bewegung beziehen, aufzulösen.

§. 123. Wirkt eine Kraft aber nicht als ein einziger Stoß, sondern ununterbrochen auf einen Körper, so wird seine Geschwindigkeit nicht dieselbe bleiben können; man kann sogar den vorhin aufgestellten Begriff der Geschwindigkeit nicht unmittelbar auf diese Bewegung anwenden. Vorhin bei der gleichförmigen Bewegung wurde der Raum, den der bewegte Körper in jeder Secunde zurücklegte, als Geschwindigkeit bestimmt; bei der jetzt in Rede stehenden Bewegung ändert sich aber der Raum, den er in jeder Secunde zurücklegt. Man darf also bei dieser letzten Bewegung nicht von der Geschwindigkeit derselben überhaupt, sondern nur von der Geschwindigkeit, welche der Körper in einem bestimmten Punkte seiner Bahn besitzt,

reden, und hat dann darunter zu verstehen denjenigen Raum, welchen der Körper zurücklegen würde, wenn er sich eine Secunde lang gleichförmig so fortbewegte, als wie er sich in dem betrachteten Punkte bewegt. Wenn man z. B. sagt, ein Körper besitzt, nachdem er sich eine Secunde bewegt hat, eine Geschwindigkeit von 30 Fuß, so soll dieß anzeigen, daß der Körper, wenn er sich auf dieselbe Weise wie am Ende dieser Secunde eine volle Secunde lang unverändert fortbewegte, in dieser Secunde einen Raum von 30 Fuß zurücklegen würde.

Bei einer Bewegung, welche durch eine ununterbrochen wirkende Kraft hervorgebracht wird, ändert sich, wie gezeigt, die Geschwindigkeit in jedem Augenblicke. Die Kraft, welche durch ihre Wirkung auf den Körper diese Aenderung erzeugt, kann aber gewissen Gesetzen unterworfen sein; sie kann (und dieß wäre offenbar der einfachste Fall) immer mit gleicher Stärke auf einen Körper wirken, oder sie kann sich in ihrer Stärke nach einem mehr oder weniger einfachen Gesetze ändern.

Wirkt eine Kraft ununterbrochen auf einen Körper mit gleicher Stärke, so wird seine Geschwindigkeit in jedem Augenblicke um dieselbe Größe zunehmen, also immer proportional der Zeit wachsen. Nach der zweiten Secunde wird die Geschwindigkeit des Körpers doppelt so groß sein, als nach der ersten, nach der dritten Secunde dreimal so groß u. s. f. Gesetzt es sei die Geschwindigkeit des Körpers nach einer Secunde $= g$, so wird sie nach 2 Secunden $= 2g$, nach drei Secunden $= 3g$ u. s. f., überhaupt nach t Secunden $= gt$ sein. Bezeichnet man die Geschwindigkeit nach t Secunden allgemein durch c, so ist $c = gt$; man erhält also die Geschwindigkeit nach t Secunden, wenn man die Geschwindigkeit nach einer Secunde mit der gegebenen Anzahl Secunden multiplicirt. Ist $g = 30$ Fuß, und $t = 4$ Secunden, so ist die Geschwindigkeit c nach 4 Secunden $= 4 \times 30 = 120$ Fuß Eine solche Bewegung, bei welcher die Geschwindigkeiten proportional mit der Zeit wachsen, nennt man eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, und sie wird erzeugt durch eine ununterbrochen mit gleicher Stärke wirkende Kraft.

§. 124. Die Anziehung der Erde, oder die Schwere, bietet uns eine solche Kraft dar, und die durch sie erzeugte Bewegung des Falles wird folglich eine gleichmäßig beschleunigte sein. Die Schwere wirkt unausgesetzt auf jeden Körper, und innerhalb der Räume, in welchen man Fallversuche anstellt, auch mit unveränderter Stärke. (Genau genommen findet das letztere nicht statt. Wenn ein Körper durch den Fall der Erde näher kommt, so wird die Anziehung derselben allerdings etwas stärker, §. 13, aber bei der großen Entfernung vom Mittelpuncte der Erde ist diese Zunahme für die Annäherung von wenigen Fußen so gut als Null.) Anstatt die gleichmäßig beschleunigte Bewegung im Allgemeinen zu betrachten, soll sie daher gleich auf den durch die Schwerkraft bewirkten Fall der Körper angewendet werden. Die für diesen gefundenen Formeln gelten natürlich auch für jede andere gleichmäßig beschleunigte Bewegung.

Wirkt eine Kraft allein auf einen Körper, so muß sich der Körper in der Richtung dieser Kraft bewegen. Wird ein unterstützter Körper plötzlich freigelassen, so muß er in der Richtung der Schwere fallen, und zugleich wird seine Geschwindigkeit, wie vorhin gezeigt, stets proportional mit der Zeit wachsen. Da die Geschwindigkeit veränderlich ist, so soll bei dieser gleichmäßig beschleunigten Bewegung stets die Geschwindigkeit am Ende der ersten Secunde mit g bezeichnet werden; d. h. nachdem ein Körper eine Secunde lang gefallen ist, hat er eine Geschwindigkeit von g Fuß erlangt.

Nach einem Fall von t Secunden ist dieselbe folglich $c = gt$. Da die Schwerkraft nicht überall auf der Erdoberfläche gleich ist, sondern an den Polen stärker wirkt, als unter dem Aequator (weil die Oberfläche an den erstern dem Mittelpuncte der Erde näher ist, als in dem letztern), so wird auch die Endgeschwindigkeit eines fallenden Körpers nach einer Secunde g nicht überall dieselbe sein; sie beträgt unter mittleren geographischen Breiten 31,25 Fuß. Der Bequemlichkeit des Rechnens wegen soll in den weiterhin anzuführenden Beispielen anstatt dieses Werthes von 31,25 Fuß in runder Zahl 30 Fuß gesetzt werden.

Die erste Formel $c = gt$ drückt eine Beziehung zwischen der Zeit t und der durch den Fall während derselben erlangten Geschwindigkeit c aus. Man kann also durch dieselbe die Geschwindigkeit c berechnen, wenn t gegeben ist, aber auch umgekehrt t, wenn c gegeben ist, indem $t = \frac{c}{g}$. Es muß aber noch eine zweite Formel gesucht werden, welche die Beziehungen zwischen der Zeit t und dem in derselben zurückgelegten Raume s angibt. Da die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers stets in demselben Maße wie die Zeit zunimmt, so wird während der ersten Secunde dieselbe gleichmäßig von o bis g wachsen, und der Körper folglich in den ersten Theilen dieser Secunde einen kleinern Raum zurücklegen, als in den letzten. Denkt man sich den Körper mit der Geschwindigkeit, welche er gerade in der Mitte der Secunde besitzt, also $\frac{g}{2}$, eine Secunde lang gleichförmig fortbewegt, so läßt sich zeigen, daß er bei dieser gleichförmigen Bewegung mit der Geschwindigkeit $\frac{g}{2}$ in einer Secunde einen eben so großen Raum zurücklegt, als während des Falles in einer Secunde. Nimmt man nämlich die Secunde in eine beliebige Anzahl gleicher Theile getheilt, so wird der Körper in jedem ersten und letzten derselben zusammengenommen eben so viel Raum zurücklegen, als in denselben beiden Zeittheilchen bei der so eben angenommenen gleichförmigen Bewegung mit der mittlern Geschwindigket $\frac{g}{2}$; denn was der Körper beim freien Falle in dem ersten Zeittheilchen weniger zurücklegt, als bei der angenommenen gleichförmigen Bewegung, das legt er in dem letzten Zeittheilchen wieder mehr zurück. Eben so legt er in dem zweiten und vorletzten Theilchen zusammengenommen wieder denselben Weg zurück, als bei der angenommenen gleichförmigen Bewegung, und eben so im dritten und drittletzten u. s. f. Bewegt sich ein Körper gleichförmig während einer Secunde mit der Geschwindigkeit $\frac{g}{2}$, so legt er während derselben den Raum $\frac{g}{2}$ zurück. — Dieselbe Schlußweise läßt sich auf 2, 3 u. s. w. Secunden anwenden. In zwei Secunden wird der Körper beim Fallen einen gleichen Raum zurücklegen, als bei einer gleichmäßigen Bewegung während zwei Secunden mit der mittlern Geschwindigkeit des Falles $\frac{2g}{2}$. Nach zwei Secunden ist nämlich die Geschwindigkeit 2g, also die mittlere Geschwindigkeit während derselben gleich $\frac{2g}{2}$ (der Geschwindigkeit nach einer Secunde).

Bewegt sich ein Körper nun zwei Secunden lang gleichförmig mit der Geschwindigkeit $\frac{2g}{2}$, so legt er während derselben den Raum $\frac{2 \cdot 2g}{2} = \frac{2^2 g}{2}$ zurück. Nach drei Secunden ist die Geschwindigkeit $3g$, also die mittlere $\frac{3g}{2}$, und mit dieser mittlern Geschwindigkeit wird ein Körper in drei Secunden den Raum $3 \cdot \frac{3g}{2} = \frac{3^2 g}{2}$ zurücklegen; eben so viel beträgt aber auch der Fallraum in 3 Secunden. Nach t Secunden ist die Geschwindigkeit tg, also die mittlere $\frac{tg}{2}$; während t Secunden kann also ein Körper mit dieser mittlern Geschwindigkeit den Raum $t \cdot \frac{tg}{2} = \frac{t^2 g}{2}$ zurücklegen.

Man sieht, daß die Fallräume zunehmen wie die Quadrate der Zeiten. Es beträgt der Fallraum in einer Secunde $\frac{g}{2} = \frac{g}{2}$.

in zwei Secunden $\frac{2^2 \cdot g}{2} = \frac{4 \cdot g}{2}$

in drei Secunden $\frac{3^2 \cdot g}{2} = \frac{9 \cdot g}{2}$

in vier Secunden $\frac{4^2 \cdot g}{2} = \frac{16 \cdot g}{2}$

in t Secunden $s = \frac{t^2 \cdot g}{2}$.

Ist $g = 30$ Fuß, so beträgt der Fallraum z. B. von 5 Secunden $5^2 \cdot \frac{30}{2} = 375$ Fuß.

Stellt man den Versuch in der Luft an, so beträgt der Fallraum wegen des Widerstandes, den der Körper in der Luft findet, weniger.

Mit Hülfe der beiden Formeln $c = gt$, und $s = \frac{gt^2}{2}$, wenn c die Geschwindigkeit und s den Fallraum nach t Secunden bedeutet, lassen sich alle den Fall betreffenden Aufgaben lösen. Schon oben wurde angegeben, daß man aus der ersten auch die Zeit finden könne, $t = \frac{c}{g}$; ebenso läßt sich die Zeit aus der zweiten bestimmen $t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$. Setzt man diesen Werth in die Formel $c = gt$ für t ein, so erhält man eine andere sehr bekannte Formel $c = \sqrt{2gs}$, d. h. die Geschwindigkeit, welche ein Körper beim Fallen durch einen Raum s erlangt, ist gleich der Quadratwurzel aus dem doppelten Producte dieses Fallraums s in die Endgeschwindigkeit der ersten Secunde. Die letztere Formel gibt also unmittelbar die Beziehung an, welche zwischen der Geschwindigkeit und dem durchfallenen Raume besteht.

§. 125. Um den Fallraum von einer Secunde $\frac{g}{2}$ und damit auch die

Endgeschwindigkeit nach einer Secunde g zu finden, kann man einmal Versuche anstellen, wie sie z. B. Benzenberg auf dem Michaelisthurme in Hamburg ausführte, indem er Körper aus verschiedenen Höhen bis zu 234,4 F. herabfallen ließ, und die zu den einzelnen Fallhöhen verbrauchten Zeiten genau bestimmte. Bei solchen Versuchen hält es aber sehr schwer, die nöthige Genauigkeit zu erlangen, erstens weil es schwierig ist, so kleine Zeitintervalle mit genügender Schärfe zu messen, und zweitens, weil der Widerstand der Luft den Fallraum verkleinert. Galilei, dem man die Entdeckung der Gesetze des freien Falles verdankt, prüfte dieselben aus den angeführten Gründen deßhalb nicht beim freien Falle, sondern beim Falle auf der schiefen Ebene, der, wie später gezeigt wird, gleichen Gesetzen folgt. Es gibt aber außerdem noch ein besseres und bequemeres Mittel, um die Gesetze des Falles durch Versuche nachzuweisen, nämlich mit Hilfe der von Atwood construirten Fallmaschine. Ihre Anwendung wird durch das Folgende verständlich werden.

Schon früher (§. 15) wurde erwähnt, daß eine Kraft nöthig sei, wenn ein Körper in Bewegung gesetzt werden soll. Es sei zunächst der Einfachheit wegen diese Kraft ein einziger Stoß, der eine feste Kugel grade in der Richtung eines ihrer Halbmesser trifft. Man sieht leicht ein, daß die Kraft dieses Stoßes sich gleichmäßig unter alle kleinsten Theilchen des gestoßenen Körpers vertheilen muß, weil alle Theilchen des festen Körpers gleichmäßig fortschreiten sollen. Eine und dieselbe Kraft wird aber verschiedenen Massen oder Mengen von Materien nicht eine und dieselbe Geschwindigkeit einpflanzen können; da sie sich in einer kleinern Masse auf eine geringere Anzahl Theilchen zu vertheilen hat, so wird natürlich jedes einzelne Theilchen, also auch der ganze Körper eine größere Geschwindigkeit erhalten können, als wenn derselbe Stoß eine größere Masse trifft, in welcher sich dann dieselbe Kraft auf eine größere Anzahl Theilchen gleichmäßig zu vertheilen hat. Daher muß man, wenn ein Körper in einer gleichförmigen Bewegung ist, die Größe des Stoßes, welcher denselben in diese Bewegung gebracht hat, nicht bloß nach der Geschwindigkeit, sondern vielmehr nach dem Producte aus der Geschwindigkeit und der Masse des Körpers beurtheilen. Wirken von zwei völlig gleichen Stößen der eine auf eine Masse M, der zweite auf eine Masse m, so erhält die Masse M eine Geschwindigkeit C, und die Masse m eine Geschwindigkeit c von solcher Größe, daß $MC = mc$, oder wenn die Gleichung in eine Proportion verwandelt wird, daß $C : c = m : M$, d. h. daß die Geschwindigkeiten beider Körper sich verhalten umgekehrt wie ihre Massen. Das Product MC oder mc nennt man die Quantität oder Größe der Bewegung.

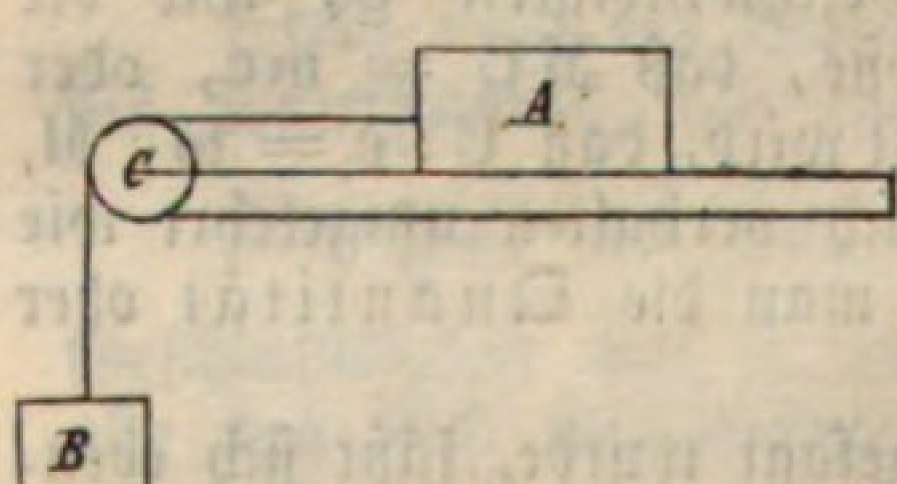
Was nun aber von einem einzigen Stoße gesagt wurde, läßt sich ebenfalls auf eine Kraft anwenden, die ununterbrochen auf einen Körper wirkt, die man gewissermaaßen als unzählig viele Stöße, die unendlich nahe auf einander folgen, ansehen kann. Man hat nur darauf zu achten, daß man stets die Geschwindigkeiten bei der durch eine solche Kraft entstehenden gleichmäßig beschleunigten Bewegung nach gleich viel Zeit mit einander vergleicht. Der Einfachheit wegen sollen in dem Folgenden stets die Geschwindigkeiten am Ende der ersten Secunde g gewählt werden, und diese können daher auch als ein Maaß für die den Fall beschleunigenden Kräfte angesehen werden. Je größer die Endgeschwindigkeit eines frei fallenden Körpers g ist, desto stärker ist folglich die Kraft der Schwere, und umgekehrt.

§. 126. Wenn die Schwerkraft auf einen Körper wirkt, so wirkt sie auf alle seine Theile, und wirkt also auf eine Bleikugel von doppelter Masse

(z. B. zwei Pfund) doppelt so stark, als auf eine Bleikugel von einfacher Masse (von 1 Pfund). Dessenungeachtet kann die doppelt so große Kugel nicht schneller fallen, als die einfache, weil die auf die große Kugel wirkende doppelt so große Kraft auch eine doppelt so große Masse (2 Pfund) zu bewegen hat, während die einfache Kraft auch nur die einfache Masse zu bewegen hat. Indem sich die doppelte Kraft auf die doppelte Anzahl Theilchen vertheilt, kann jedes einzelne Theilchen nur dieselbe Geschwindigkeit erhalten, als wenn sich die einfache Kraft auf die einfache Anzahl Theilchen vertheilt. Es werden folglich alle Körper gleich schnell fallen, sie mögen ein großes oder ein kleines Gewicht, eine hohe oder eine geringe Dichte besitzen. Auf einen jeden wirkt die Anziehung der Schwerkraft zwar um so stärker, als er mehr Masse hat, aber diese größere Kraft hat eben diese größere Masse zu bewegen.

Wenn ein sehr voluminöser, wenig gewichtiger Körper in der Luft langsamer fällt, als ein dichterer, so rührt dieß nur von dem größern Widerstande der Luft her. Läßt man beide Körper unter dem entleerten Recipienten der Luftpumpe fallen, so fallen beide gleich schnell. Man kann den letzten Versuch entweder so anstellen, daß man die beiden Körper (z. B. eine Feder und ein Stückchen Metall) in eine lange, oben zugeschmolzene und unten mit einem Hahn und einer Schraube versehene Glasröhre bringt, die Röhre auf die Luftpumpe schraubt, luftleer macht, und nach Schließung des Hahnes von der Luftpumpe abschraubt, und umgekehrt. Die beiden erwähnten Körper fallen dann gleich schnell in derselben herab, was nicht stattfindet, sobald man wieder Luft hinzuläßt. Oder man bringt die beiden Körper auf eine unter dem Recipienten befindliche Vorrichtung, welche mittelst eines durch den obern Theil der Glocke luftdicht hindurchgehenden Messingstabes so gedreht werden kann, daß beide Körper in demselben Augenblicke anfangen zu fallen.

§. 127. Fällt also ein Körper frei und allein, so ist an demselben Orte der Erde seine Geschwindigkeit nach einer Secunde genau gleich, er sei leicht oder schwer, vorausgesetzt, daß er sich im leeren Raume bewegt. Anders verhält es sich aber, wenn ein Körper, der unter dem Einfluß der Schwere fällt, zu gleicher Zeit noch einen andern in Bewegung setzen soll, auf welchen die Schwere nicht einwirkt. Es sei z. B. A, Figur 76, ein Körper von der Masse M, der auf einer genau horizontalen Ebene liegt, und sich auf derselben ohne alle Reibung bewegen läßt; ferner sei B ein anderer Körper, dessen Masse m, und der durch einen biegsamen, über eine kleine Rolle c gehenden Faden mit der Masse M verbunden ist. Die Masse M kann die Schwere nicht bewegen, wohl aber die Masse m; letztere kann aber nicht allein sinken, sondern muß die an ihr befestigte Masse M in eine gleiche Bewegung setzen.



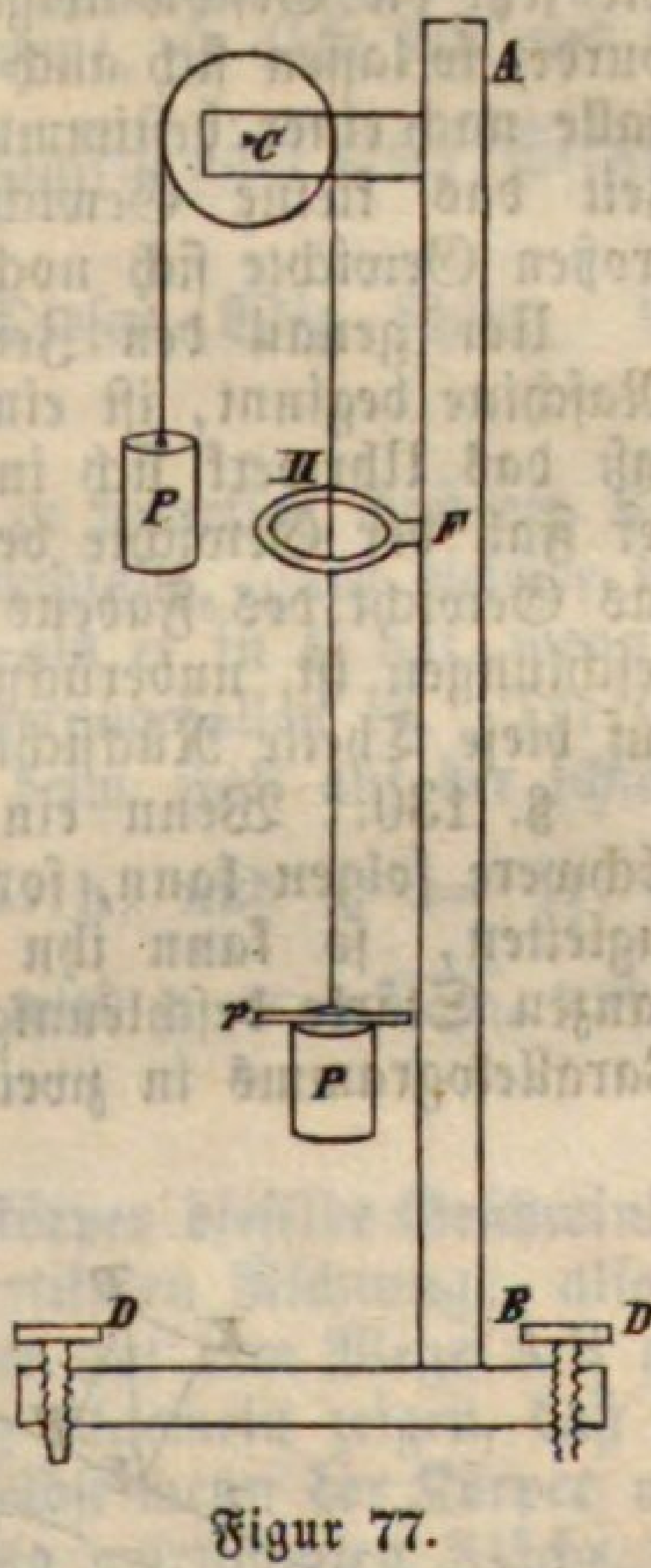
Figur 76.

Wenn die Masse m allein für sich fallen könnte, so würde sie nach einer Secunde eine Geschwindigkeit g erhalten, und da eben die Masse m bewegt wird, so läßt sich als Maaß für die während einer Secunde wirkende Schwerkraft das Product m g aus Masse und Geschwindigkeit ansehen. Da die Masse m aber bei ihrer Bewegung die Masse M mit fortzuziehen gezwungen ist, so kann, da die Schwere jetzt ebenfalls nur auf m wirkt, die verbundene Masse m + M nicht mit derselben Geschwindigkeit fallen; sie verlangt nach einer Secunde nur eine geringere Geschwindigkeit, die mit g′ bezeichnet werden mag; als Maaß für die Einwirkung der Schwere

auf die Masse m hat man jetzt den Ausdruck g′ (m + M), also wieder das Produkt aus der Masse und der Endgeschwindigkeit von einer Secunde. Fällt die Masse m frei während einer Secunde, so erfährt sie genau ebenso die Einwirkung der Schwere während einer Secunde, als wenn sie während einer Secunde so fällt, daß sie die Masse M mit fortziehen muß. Folglich muß, da die Einwirkung in beiden Fällen dieselbe ist, auch $m g = (m + M) g'$ sein. Ist m und M gegeben, so kann man, wenn g bekannt ist, auch g′ finden, und ebenso umgekehrt. Wäre z. B. m = 1 Loth, M = 59 Loth, und g = 30 Fuß, so ist $1 \times 30 = (1 + 59) g'$, $30 = 60 g'$, also $g' = \frac{1}{2}$ Fuß.

Es wird also unter den angegebenen Verhältnissen die Masse von 1 Loth, wenn sie eine Masse von 59 Loth mit in Bewegung setzen muß, nach dem Fallen von einer Secunde nur eine Geschwindigkeit von ½ Fuß erlangen. Da der Fallraum während der ersten Secunde genau die Hälfte der erwähnten Endgeschwindigkeit ist, so wird derselbe in vorliegendem Falle nur ¼ Fuß betragen. Man sieht, wie sehr sich auf diese Weise die Bewegung des Falles verlangsamen läßt. Hat man aber bei einem solchen Versuch die beiden Massen und diese langsame Geschwindigkeit g′ genau gemessen, so kann man auch umgekehrt die Geschwindigkeit g berechnen.

§. 128. Bei der eben angegebenen Art und Weise, den Versuch anzustellen, ist aber die Reibung der Masse M auf ihrer Unterlage hindernd. Atwood hat daher das eben erläuterte Princip auf eine etwas andere Weise in seiner Fallmaschine angewendet. Er befestigt nämlich zwei größere genau gleiche Gewichte P, P, Figur 77, an den beiden Endpunkten einer Schnur, welche über eine fast ohne alle Reibung um ihre Axe drehbare Rolle c gelegt ist. Die Rolle ist auf einem 5 bis 6 Fuß langen Stabe A B, der sich durch die Schrauben D, D vertikal stellen läßt, befestigt, und das eine Gewicht bewegt sich beim Auf- oder Niedergehen vor einem auf dem Stabe befestigten Maaßstabe. Da beide Gewichte gleich schwer sind, so halten sie sich gegenseitig im Gleichgewicht, und es ist gerade als ob die Schwerkraft nicht auf sie einwirkte. Wird nun aber auf das eine derselben ein kleines Gewicht p gelegt, so setzt dieses durch die Anziehung der Schwere nicht nur sich, sondern auch die beiden größern Gewichte in Bewegung. Sind die Massen der beiden größern Gewichte P und P zusammengenommen M, und die Masse des kleinern p = m, so hat man genau wieder den vorhergehenden Fall. Fiele die Masse m allein, so erlangte sie nach einer Secunde die Geschwindigkeit g; muß aber diese kleine Masse noch die beiden größeren Gewichte (daß das eine steigt, und das andere sinkt, ist ganz gleichgiltig) in Bewegung setzen, so erlangt sie nach einer Secunde die Geschwindigkeit g′. Es ist folglich wieder wie vorhin $m g = (M + m) g'$. Hat man M, m, und g′ (an dem Maaßstabe) beim Versuche genau gemessen, so läßt sich g berechnen.



Figur 77.

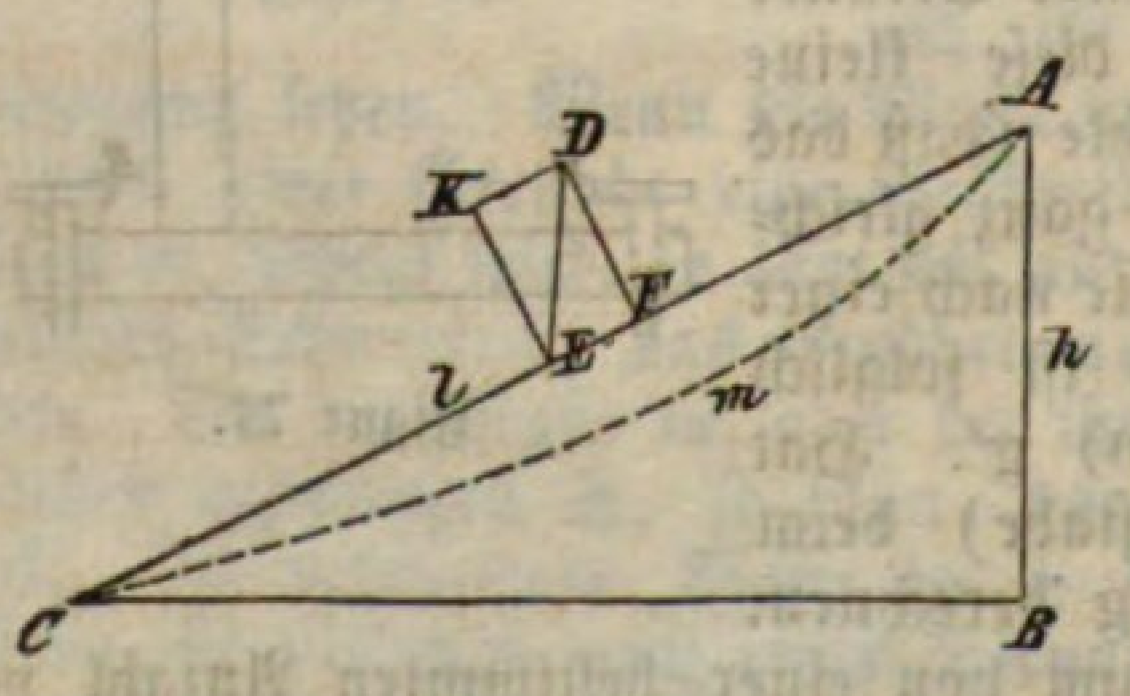
Am einfachsten ist es, den Fallraum von einer bestimmten Anzahl von Secunden an der Fallmaschine zu bestimmen, und daraus die Endgeschwindig-

keit nach einer Secunde g′ mittelst der Formel $s = \frac{g' t^2}{2}$ oder $g' = \frac{2s}{t^2}$ zu berechnen. Die Bewegung an der Fallmaschine ist nämlich ebenso wie die des freien Falles, weil sie durch eine stetig wirkende Kraft erzeugt wird. eine gleichmäßig beschleunigte, und es gelten für sie ganz die für den Fall aufgestellten Formeln, wenn in denselben nur g′ statt g gesetzt wird.

§. 129. Man kann mit Hilfe der Fallmaschine aber auch unmittelbar den Werth von g′, also die Endgeschwindigkeit von einer Secunde durch eine einfache sinnreiche Einrichtung messen. Macht man nämlich die beiden größeren Gewichte P cylindrisch, und wendet als kleines Gewicht (p) ein dünnes Stäbchen an, das etwas länger ist, als der Durchmesser der cylinderförmigen Gewichte, so kann man letzteres so auf das eine größere Gewicht legen, daß es mit beiden Enden etwas über dasselbe hinausragt. Man läßt das kleine Gewicht sammt den beiden größeren eine Secunde lang fallen, merkt sich genau den Ort, welchem das kleine Gewicht nach einer Secunde gegenübersteht (er sei F), und befestigt dann an demselben eine mit einer Oeffnung versehene Messingscheibe H auf die Weise, daß das größere runde Gewicht P frei durch die Oeffnung hindurchgehen kann, das kleine aufgelegte Stäbchen p aber nicht. Bei einem neuen Versuche wird dann durch diese Messingscheibe genau nach dem Falle von einer Secunde das kleine Gewicht p abgehoben, und die beiden größeren Gewichte P setzen ihren Weg vermöge der durch den vorhergehenden Fall von p erlangten Geschwindigkeit weiter fort. Mißt man den durch diese gleichförmige Bewegung in einer Secunde zurückgelegten Raum, so ist dieser eben die Endgeschwindigkeit der ersten Secunde. So wie jetzt die Geschwindigkeit am Ende der ersten Secunde wirklich dargestellt wurde, so lassen sich auch die Geschwindigkeiten, welche die Gewichte bei ihrem Falle nach einer bestimmten Zeit besitzen, messen; man braucht nur zu dieser Zeit das kleine Gewicht durch den Messingring abheben und die beiden großen Gewichte sich noch eine Secunde fortbewegen zu lassen.

Um genau den Zeitpunkt zu kennen, in welchem die Bewegung der Maschine beginnt, ist ein Uhrwerk mit derselben so in Verbindung gebracht, daß das Uhrwerk sich in demselben Augenblicke in Gang setzt, in welchem der Fall der Gewichte beginnt. — Bei der oben angegebenen Rechnung ist das Gewicht des Fadens und die Trägheit der Rolle, über welche der Faden geschlungen ist, unberücksichtigt gelassen. Bei genauen Versuchen muß auch auf diese Theile Rücksicht genommen werden.

§. 130. Wenn ein Körper beim Fallen nicht frei der Richtung der Schwere folgen kann, sondern gezwungen ist, über eine schiefe Ebene hinabzugleiten, so kann ihn bei dieser Bewegung die Schwere nicht mit ihrer ganzen Stärke beschleunigen. Es muß die Kraft der Schwere mittelst des Parallelogramms in zwei Kräfte zerlegt werden, von denen die eine auf der schiefen Ebene senkrecht steht, und die zweite mit derselben parallel geht. Ist DE, Figur 78, die Kraft der Schwere = g, AC die schiefe Ebene, ihre Länge AC = l, und ihre Höhe AB = h, so muß mittelst des Parallelogramms FEKD die Kraft DE oder g in die beiden Seitenkräfte DF und DK oder FE zerlegt werden. Die Kraft DK oder FE = r, welche mit der schiefen Ebene parallel geht, wirkt



Figur 78.

allein beschleunigend auf den über die Ebene fallenden Körper. Da das Dreieck EFD dem Dreieck ABC ähnlich ist, und in ähnlichen Dreiecken die entsprechenden Seiten proportional sind, so verhält sich FE : DE = AB : AC, oder wenn die kürzeren Bezeichnungen gebraucht werden, r : g = h : l. Die Kraft r ist also $r = g \frac{h}{l}$; d. h. die beschleunigende Kraft beim Fall auf die schiefe Ebene ist so viel Mal geringer als beim freien Falle, als die Höhe kleiner ist, wie die Länge der schiefen Ebene. Je steiler die schiefe Ebene ist, desto schneller fällt der Körper, je mehr sie sich der horizontalen nähert, desto langsamer fällt er. Stets aber ist die Bewegung eine gleichmäßig beschleunigte, weil die Schwere während des Falles über die schiefe Ebene ununterbrochen mit gleicher Stärke wirkt.

Die Gesetze des Falles auf der schiefen Ebene sind ganz dieselben, als die Gesetze beim freien Fall, nur hat man für die Endgeschwindigkeit der ersten Secunde zu setzen r, oder $g \frac{h}{l}$. Der Fallraum auf der schiefen Ebene s^1 nach t Secunden ist also $s^1 = \frac{r}{2} t^2 = \frac{g}{2} \cdot \frac{h}{l} \cdot t^2$; die Geschwindigkeit c^1 nach derselben Zeit $c^1 = r t = g \frac{h}{l} t$, oder mit Beziehung auf den Fallraum $c^1 = \sqrt{2 r s^1} = \sqrt{2 g \frac{h}{l} \cdot s^1}$. Ist die Länge und die Höhe einer schiefen Ebene genau gemessen, und die Endgeschwindigkeit nach der ersten Secunde r durch einen Versuch genau bestimmt, so läßt sich aus der Formel $r = g \frac{h}{l}$ auch g, d. h. die Endgeschwindigkeit nach einer Secunde beim freien Falle bestimmen; es ist $g = r \frac{l}{h}$. Diesen Weg schlug, wie schon erwähnt, Galilei ein.

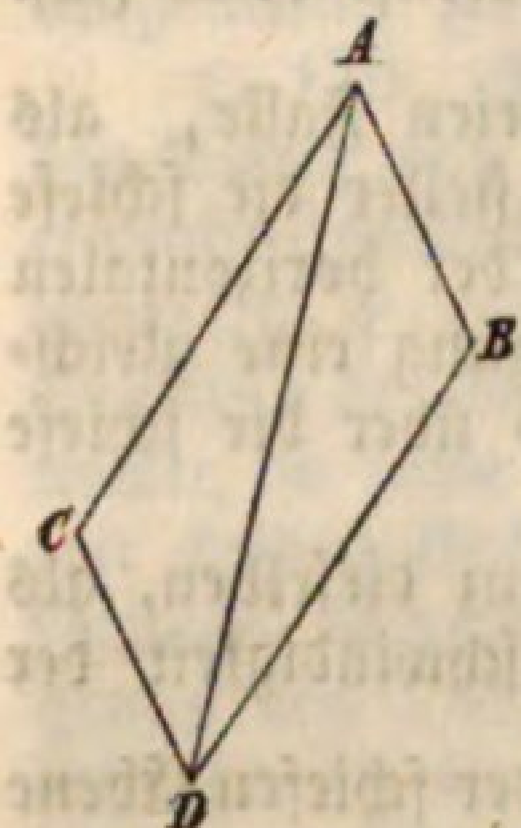
Mit Hülfe dieser letztern Formel ist es leicht zu beweisen, daß ein Körper, der die Höhe der schiefen Ebene A B frei durchfällt, ganz dieselbe Geschwindigkeit erlangt hat, wenn er in B anlangt, als er in C hat, wenn er auf der ganzen Länge der schiefen Ebene A C herabgefallen ist. Die Geschwindigkeit beim freien Fall ist $c = \sqrt{2 g s}$, beim Fall auf der schiefen Ebene $c^1 = \sqrt{2 g \frac{h}{l} s^1}$. Nun ist s = AC = h, und $s^1 = l$; setzt man diese Werthe in die Ausdrücke für c und c^1, so wird $c = \sqrt{2 g h}$, und $c^1 = \sqrt{2 g \frac{h}{l} \cdot l} = \sqrt{2 g h}$.

Man sieht aus dem Vorstehenden, daß der Körper dieselbe Geschwindigkeit erlangt, wenn er um die Höhe h in der vertikalen Richtung, also in der Richtung der Schwere, sinkt, gleichgiltig, ob er auf dem Wege A B oder A C herabgegangen. Es läßt sich aber auch ganz allgemein zeigen, daß das angeführte Gesetz seine Richtigkeit nicht verliert, selbst wenn der Körper nicht auf einer schiefen Ebene; sondern auf einer beliebig gekrümmten Fläche, wie z. B. die punktirt angegebene A m C herabgefallen wäre.

Alle Geschwindigkeit, welche ein Körper beim Fall auf irgend einer Fläche erlangt, erhält er nur durch das Sinken in der vertikalen Richtung.

§. 131. Bis jetzt wirkte auf einen Körper nur eine einzige Kraft, ent-

weder als ein nur momentaner Stoß, oder ununterbrochen, wie die Schwere. Es können aber auf einen Körper auch mehrere Kräfte gleichzeitig wirken. Das einfachste Beispiel zweier gleichzeitig wirkenden Kräfte werden zwei Stöße, welche in demselben Augenblicke einen Körper treffen, darbieten. Um die Wirkung dieser beiden Stöße zu erhalten, construirt man aus den Geschwindigkeiten, welche jeder Stoß einzeln dem Körper einpflanzen würde, das Parallelogramm, und zieht in demselben die Diagonale. Diese gibt dann die aus beiden resultirende Geschwindigkeit. Ist AB, Figur 79, die Geschwindigkeit, welche der in A befindliche Körper durch den einen Stoß, und AC diejenige, welche er durch den andern Stoß erhalten würde, so gibt die Diagonale AD die aus beiden resultirende Geschwindigkeit. Fallen die Richtungen der beiden Stöße AB und AC in eine Linie, so liegt auch AD in derselben Linie und ist gleich der Summe von AB und AC, wenn beide Stöße nach derselben Seite, und gleich der Differenz, wenn beide Stöße nach der entgegengesetzten Seite gerichtet sind.



Figur 79.

§. 132. Etwas zusammengesetzter ist die Berechnung der aus zwei Kräften entstehenden Bewegung, wenn zwar die eine derselben noch stoßweise, die zweite aber schon ununterbrochen, jedoch stets mit gleicher Stärke wirkt. Um das einfachste Beispiel auch hier zuerst zu erläutern, möge der Stoß in der Richtung der Schwere entweder von oben nach unten oder von unten nach oben erfolgen; im ersten Falle addiren sich die Wirkungen der beiden Kräfte, im zweiten erhält man dagegen nur ihren Unterschied.

Gesetzt, es würde ein Körper in vertikaler Richtung von oben nach unten gestoßen, und es sei die durch den Stoß erlangte Geschwindigkeit = C, so wird der Körper erstens in Folge dieses Stoßes mit der Geschwindigkeit C sich gleichförmig abwärts bewegen, außerdem aber zweitens noch durch die Schwere so viel vorwärts getrieben werden, als überhaupt ein Körper in derselben Zeit fällt. Die Geschwindigkeit des Körpers gleich nach dem Stoße, also zu Anfange des Falles, ist = C, nach einer Secunde C + g, indem zu der Geschwindigkeit C noch die Fallgeschwindigkeit g hinzukommt, und ebenso nach zwei Secunden C + 2g u. s. f., und nach t Secunden C + gt. Wird diese Geschwindigkeit nach t Secunden mit $\mathfrak{C}$ bezeichnet, so ist $\mathfrak{C} = C + gt$.

Auf ähnliche Weise erhält man die Fallräume, indem man zu dem durch den Stoß zurückgelegten Raume noch den durch den Fall zurückgelegten addirt. In einer Secunde legt der mit einer Geschwindigkeit C herabwärts gestoßene Körper also zurück $C + \frac{g}{2}$, in zwei Secunden $2C + 2^2 \cdot \frac{g}{2}$, in drei Secunden $3C + 3^2 \cdot \frac{g}{2}$ u. s. f., in t Secunden $Ct + \frac{gt^2}{2}$. Setzt man den in t Secunden durchlaufenen Raum $\mathfrak{S}$, so ist $\mathfrak{S} = Ct + \frac{gt^2}{2}$.

§. 133. Wird der Körper jedoch nicht von oben nach unten, sondern umgekehrt in der Richtung von unten nach oben mit der Geschwindigkeit C in der vertikalen Richtung aufwärts geworfen, so vermehrt die Schwere nicht seine Geschwindigkeit und seinen Fallraum, sondern sie verringert dieselben. Nach einer Secunde, während welcher der Körper gestiegen, ist seine Geschwindigkeit verringert von C auf C — g, nach zwei Secunden auf C — 2g u. s. f.

nach t Secunden auf $C - gt$. Bedeutet $\mathfrak{C}$ wieder die Geschwindigkeit des aufsteigenden Körpers nach t Secunden, so ist $\mathfrak{C} = C - gt$. Der Körper, der mit einer Geschwindigkeit C aufwärts geworfen ist, kann aber nicht immer fort steigen, seine Geschwindigkeit $\mathfrak{C}$ wird immer kleiner und kleiner, und zuletzt $= 0$; dann bleibt indeß der Körper nicht stehen, sondern kehrt um, und fällt wieder zurück. Den Zeitpunkt, in welchem der Körper stehen bleibt, erhält man, wenn man $\mathfrak{C} = 0$ setzt, also $0 = C - gt$, oder $C = gt$. Hieraus ergibt sich $t = \frac{C}{g}$. Wird z. B. ein Körper mit einer Geschwindigkeit von 150 Fuß vertikal in die Höhe geworfen, so steigt er, wenn $g = 30$ Fuß, bis zu dem Augenblick, wo $t = \frac{150}{30} = 5$ Sec.

Die Räume, welche der Körper beim Steigen zurücklegt, sind stets gleich den durch den Stoß erzeugten, vermindert um die Fallräume. In einer Secunde steigt der Körper $C - \frac{g}{2}$, in zwei Secunden $2\,C - 2^2 \cdot \frac{g}{2}$ u. s. f., in t Secunden $C\,t - \frac{g\,t^2}{2}$. Will man wissen, wie hoch ein Körper steigt, so berechnet man erst die Zeit, wie lange er steigt, aus $t = \frac{C}{g}$, und setzt den für t gefundenen Werth in die Formel $Ct - \frac{gt^2}{2}$; geschieht dieß, so kommt $\frac{C \cdot C}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{C^2}{g^2}$ oder $\frac{C^2}{g} - \frac{C^2}{2g} = \frac{C^2}{2g}$. Noch einfacher erhält man aber diesen Raum, wenn man bedenkt, daß die aufwärts steigende Bewegung eines Körpers gerade nur die umgekehrte Bewegung eines frei von oben nach unten fallenden Körpers ist. Anstatt also zu berechnen, wie hoch ein mit der Geschwindigkeit C aufwärts geworfener Körper steigt, braucht man nur zu berechnen, wie weit er herabgefallen ist, wenn er wieder die Erde erreicht; der Körper stieg $t = \frac{C}{g}$ Secunden, also fällt er auch $\frac{C}{g}$ Secunden. Wird dieser Werth in den Fallraum $s = \frac{g\,t^2}{2}$ gesetzt, so erhät man $s = \frac{g}{2}\frac{C^2}{g^2} = \frac{C^2}{2g}$ also genau denselben Werth, als vorhin.

Wie hoch wird ein Körper gestiegen sein, der von der Erde aus aufwärts geschossen, erst nach 10 Secunden wieder auf die Erde trifft? Er steigt 5 Secunden und fällt 5 Secunden; er fällt also $s = \frac{30}{2} \cdot 5^2 = 375$ F. und eben so hoch war er auch gestiegen. Er erlangt während des Falles durch 5 Minuten eine Geschwindigkeit $c = 30 \cdot 5 = 150$ Fuß, mit einer Geschwindigkeit von 150 F. kehrt er also zur Erde zurück, und mit derselben Geschwindigkeit muß er auch beim Aufsteigen die Erde verlassen haben.

§. 134. Ein anderes Beispiel für die Zusammenwirkung eines momentanen Stoßes und der Schwerkraft liefert die sogenannte Wurfbewegung, bei welcher nämlich der Körper nicht in der vertikalen Richtung auf- oder abwärts, sondern in irgend einer andern Richtung gestoßen wird. Es läßt sich dann die aus beiden Kräften resultirende Bewegung nicht durch bloße Addition und Subtraction, sondern durch die Construction des Parallelogramms finden. Man bestimmt nämlich den Raum, welchen ein Körper

durch den erhaltenen Stoß in der ihm mitgetheilten Richtung durchläuft, und verbindet diesen mit dem in der vertikalen Richtung vor sich gehenden Falle. Ist z. B. AB, Fig. 80, der Raum, welchen der in der Richtung AE gestoßene oder geworfene Körper in einer Secunde zurücklegt (also seine Geschwindigkeit), so befindet sich derselbe nach einer Secunde in B. Während dieser Secunde ist er aber auch gefallen, und zwar durch den Raum $\frac{g}{2}$; trägt man diesen auf die in A befindliche Vertikale AF auf, so daß $AG = \frac{g}{2}$, so findet man den Ort H, wo der Körper sich nach einer Secunde unter dem Einflusse beider Kräfte befindet, durch das Parallelogramm ABHG. Auf gleiche Weise findet man den Punkt seiner Bahn I, an welchem sich der Körper am Ende der zweiten Secunde befindet, indem man den durch den Stoß in dieser Zeit zurückgelegten Raum AL mit dem Fallraume von zwei Secunden AM zu einem Parallelogramm verbindet. Fährt man auf diese Weise fort, die Punkte der Bahn des Körpers für jeden Augenblick zu bestimmen, so erhält man keine geradlinige, sondern eine krummlinige Bahn AHIPQS. Die Bahn eines im luftleeren Raume geworfenen Körpers bildet eine Parabel, deren Scheitel in dem höchsten Punkte der Bahn liegt. Wird ein Körper genau horizontal abgeschossen, so liegt der Scheitel in dem Ausgangspunkte des Körpers. Im lufthaltigen Raume ändert sich aber durch den Widerstand der Luft die Bahn des Wurfes und hört auf, eine Parabel zu sein. Im luftleeren Raume erhält man die größte Wurfweite, wenn die Richtung des Wurfes einen Winkel von 45° mit dem Horizonte macht; im lufthaltigen Raum muß aber dieser Winkel kleiner sein.

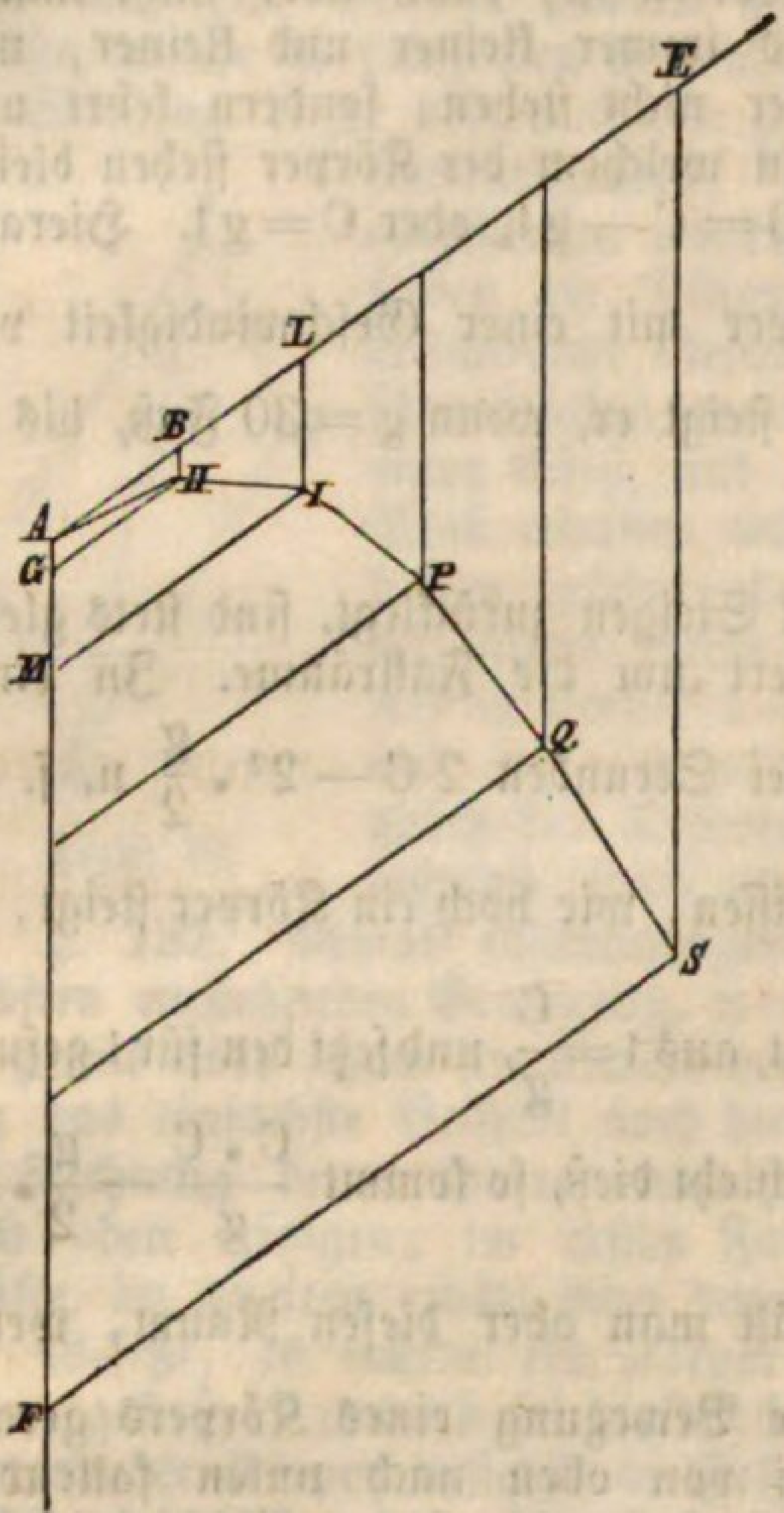


Fig. 80.

§. 135. Bei der so eben erläuterten Wurfbewegung war die Richtung der Schwere als stets mit sich parallel angenommen, und dieß war erlaubt, weil die äußersten Punkte der Bahn nicht weit von einander lagen. Wenn also eine Stoßkraft gleichzeitig wirkt mit einer sich in ihrer Richtung stets parallel bleibenden Kraft von unveränderter Stärke, so wird die Bahn eine Parabel. Wenn jedoch die Bahn so ausgedehnt ist, daß man die Anziehungen nach dem Mittelpunkte der Erde in den verschiedenen Punkten der Bahn nicht mehr als parallel und gleich ansehen kann, so hört dieselbe auf eine Parabel zu sein, und geht über in eine Ellipse. Solche Ellipsen beschreiben der Mond bei seinem Umlaufe um die Erde, und ebenso auch die sämmtlichen Planeten bei ihrem Umlaufe um die Sonne.

Newton zeigte zuerst, daß sich die Bewegung dieser Himmelskörper zurückführen ließ auf die Wirkung zweier Kräfte, von denen die eine den Planeten stets nach der Sonne (oder den Mond nach der Erde) hinzieht

(Centripetalkraft genannt), und die andere ihn in der Tangente an dem Punkte der Bahn, wo er sich gerade befindet, fortzutreiben sucht (Tangentialkraft). Von der Centripetalkraft wies Newton nach, daß sie mit der allgemeinen Körperanziehung gleichbedeutend sey.

Es sei C, Fig. 81, der feste Punkt (also z. B. die Sonne), gegen welchen die Centripetalkraft den Körper A (also einen Planeten) fortwährend hintreibt und AB deute den Raum an, den der Planet in Folge dieser Anziehung in einem kleinen Zeittheilchen, z. B. in einer Secunde, durchlaufen würde. AD bedeute dagegen die Richtung der Tangentialkraft, und zugleich den Raum, den der Planet in Folge dieser Tangentialkraft in einer Secunde zurücklegen würde. Um nun den Punkt E zu finden, zu welchem der Planet nach einer Secunde wirklich gelangt, construirt man das Parallelogramm ADEB. Der Planet ist freilich nicht auf der geraden Linie AE von A nach E gegangen, sondern genau genommen in einer ein wenig oberhalb AE gelegenen gekrümmten. Bei der Kleinheit des Bogens AE kann man denselben aber als gerade Linie ansehen. In dieser Richtung AE würde der Planet ungehindert gleichförmig fortgehen und also in der nächsten Secunde bis F vordringend einen solchen Raum zurücklegen, daß EF = AE, wenn nicht die Centripetalkraft auf den in E befindlichen Planeten ebenfalls wirkte, und zwar nach der Richtung und mit der Stärke von EG; der Planet gelangt daher in der zweiten Secunde nicht nach F, sondern nach H. Setzt man die angegebene Construction fort, so sieht man, daß der Planet eine krumme Linie um den Anziehungspunkt C beschreibt. Es läßt sich nun nachweisen, daß diese krummlinige Bahn entweder ein Kreis oder eine Ellipse ist, je nachdem zwischen den Größen der beiden wirksamen Kräfte (der Tangentialkraft und der Centripetalkraft) stattfindenden Verhältnisse; sind beide Kräfte einander gleich, so wird die Bahn ein Kreis; dagegen eine Ellipse, wenn dieß nicht der Fall ist.

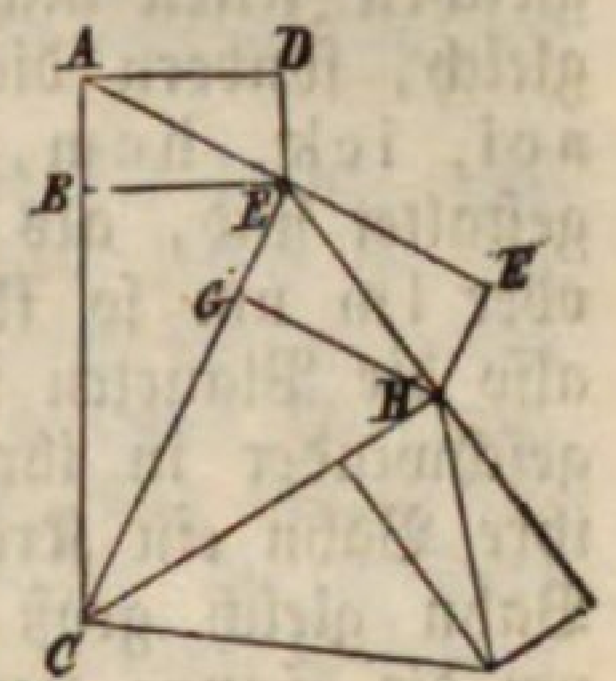


Fig. 81.

Ist afbg, Fig. 82, eine Ellipse, so heißt ab ihre große Axe, fg ihre kleine Axe, d ihr Mittelpunkt und die beiden in gleicher Entfernung vom Mittelpunkte liegenden Punkte c und e die beiden Brennpunkte. Zieht man von einem Punkte h des Umfangs der Ellipse Linien nach den beiden Brennpunkten hc und he, so heißen dieselben Radii vectores; ihre Summe ch + he ist immer so groß als die große Axe ab. Der Punkt, gegen welchen die Centripetalkraft stets gerichtet ist, wird in der kreisförmigen Bewegung der Mittelpunkt, in der elliptischen aber der eine Brennpunkt.

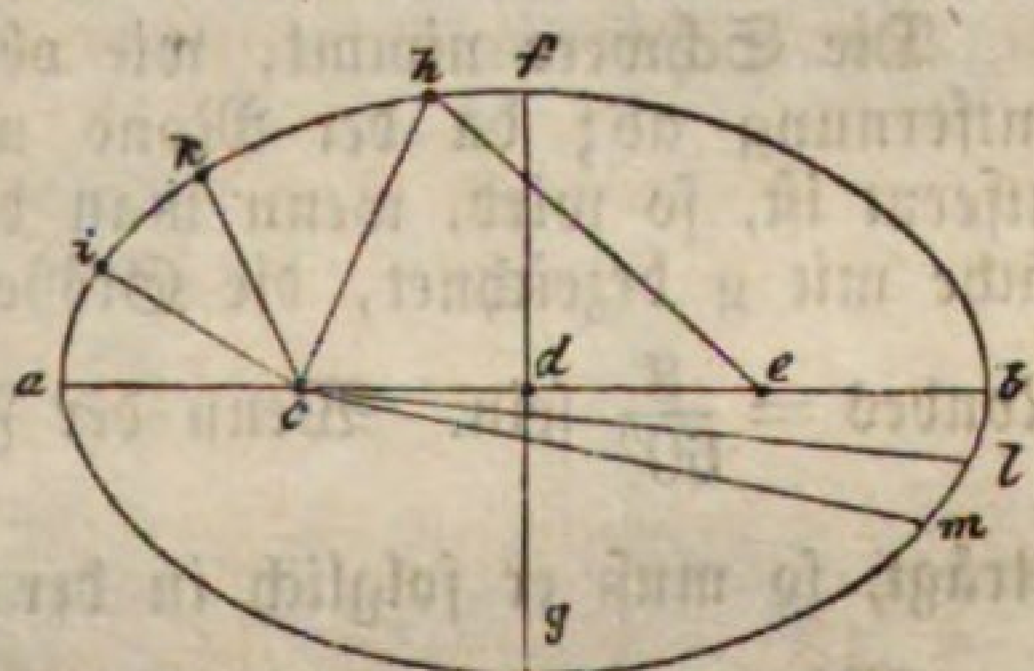


Fig. 82.

§. 136. Keppler hat die drei Gesetze, welchen die Planeten unseres Sonnensystems folgen, zuerst aufgestellt. Sie heißen: 1) die Planeten bewegen sich in Ellipsen um die Sonne, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. — Steht die Sonne z. B. in dem Brennpunkte c, Fig. 82, und befindet sich der Planet in a, so sagt man, er sei in seinem Perihelio oder seiner Sonnennähe; befindet er sich dagegen im Punkte b, so sagt man er sei in seinem Aphelio oder in seiner Sonnenferne. Die Erde befindet sich zur Zeit des Wintersolstitiums in ihrem Perihelio, zur Zeit des Sommersolstitiums in ihrem Aphelio, ist also in unserm Winter der Sonne näher, als

im Sommer. 2) Die Radii vectores beschreiben in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume, oder beschreiben Flächenräume, welche den Zeiten proportional sind. — Wenn der Planet sich z. B. von a nach i in derselben Zeit bewegt, als von i nach k, oder von b nach l, oder von l nach m, so sind für diese gleichen Zeiten nicht die durchlaufenen Ellipsenbogen ai, ik, bl, lm einander gleich, sondern die durch die Radii vectores eingeschlossenen Flächenräume aci, ick, bcm, lcm. Da die Flächenräume bcm und lcm länglicher gestaltet sind, als die Flächenräume aci und ick, so muß der Bogen bl oder lm um so kleiner sein, als der Bogen ai oder ik. Es bewegen sich also die Planeten nicht mit gleicher Geschwindigkeit in ihrer Bahn; sie gehen geschwinder in ihrem Perihelio, langsamer in ihrem Aphelio. Nur wenn ihre Bahn ein Kreis wäre, würde die Geschwindigkeit in allen Punkten ihrer Bahn gleich groß sein. 3) Die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne verhalten sich wie die Cuben (dritten Potenzen) ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne. — Eine schon länger bekannte einfache Reihe gibt gleichfalls annähernd das Verhältniß der Abstände der Planeten von der Sonne. Setzt man den Abstand des Merkur von der Sonne $= 4$, so wird der Abstand der folgenden Planeten:

Merkur $= 4 = 4$.	Mars $= 4 + 4.3 = 16$.	Jupiter $4 + 16.3 = 52$.
Venus $= 4 + 1.3 = 7$.	Die 5 kleinen	Saturn $4 + 32.3 = 100$.
Erde $= 4 + 2.3 = 10$.	Planeten $4 + 8.3 = 28$.	Uranus $4 + 64.3 = 196$.

Um den Abstand der Planeten von der Sonne in Meilen zu wissen, muß jede der vorstehenden Zahlen mit 2,000,000 Meilen multiplicirt werden.

§. 137. Den Nachweis, daß die Centripetalkraft wirklich mit der allgemeinen Körperanziehung gleichbedeutend ist, kann man auf folgende Weise, die hier jedoch nur angedeutet werden kann, führen. Die Anziehung, welche die Erde gegen alle auf ihr befindlichen Körper ausübt, heißt die Schwere, und diese soll es auch sein, welche den Mond immer zur Erde anzieht, so daß ihn die Tangentialkraft nicht nach ihrer Richtung von der Erde entfernen kann.

Die Schwere nimmt, wie oben §. 13 bemerkt, mit dem Quadrate der Entfernung ab; da der Mond ungefähr 60 Erdhalbmesser von der Erde entfernt ist, so wird, wenn man die Größe der Schwerkraft auf der Erdoberfläche mit g bezeichnet, die Größe der Schwerkraft in der Entfernung des Mondes $= \frac{g}{60^2}$ sein. Wenn der Fallraum auf der Erde $\frac{g}{2}$ in einer Secunde beträgt, so muß er folglich in der Entfernung des Mondes $\frac{g}{2 \cdot 60^2}$ sein. In einer Minute oder in 60 Secunden wird ein Körper in der Entfernung des Mondes $\frac{g}{2 \cdot 60^2} \cdot 60^2 = \frac{g}{2}$ fallen; er legt also in dieser Entfernung erst in einer Minute einen so großen Raum zurück, als ein Körper an der Oberfläche der Erde in einer Secunde. Es läßt sich nun zeigen, daß, sowie der angenommene Körper gegen die Erde hin fällt, eben so auch der Mond gegen die Erde zu fällt, und nur durch die Tangentialkraft gehindert wird, auf die Erde herabzufallen. Es bedeute AB, Fig. 83, die Mondbahn, die der Einfachheit wegen als Kreis gezeichnet ist; die Erde stehe in C, der Mond in A, und der Mond bewege sich in

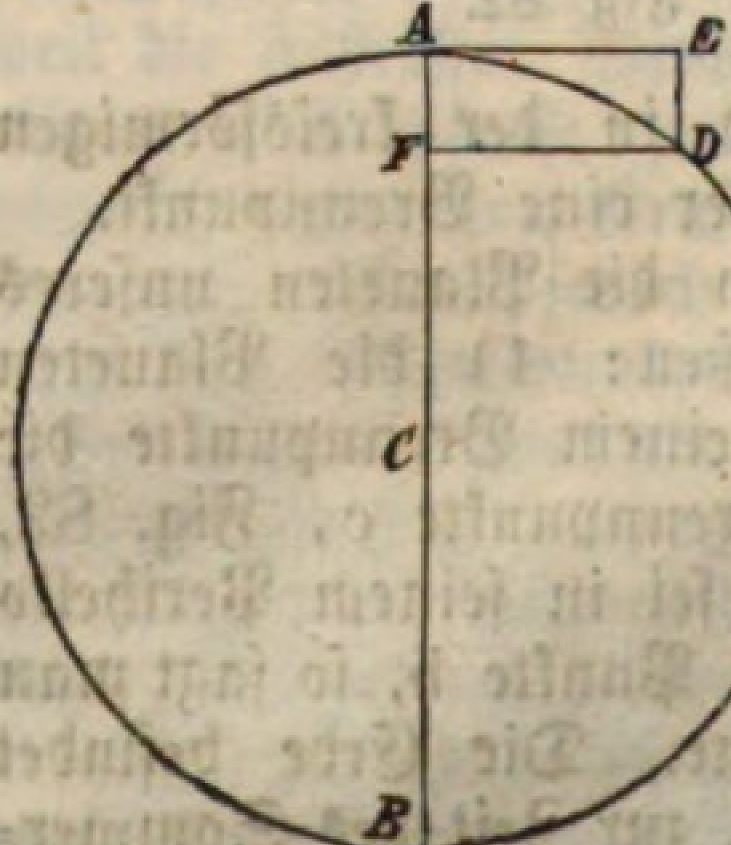


Fig. 83.

einer Minute von A nach D, so hat ihn in der Zeit von einer Minute die Tangentialkraft durch AE und die Centripetalkraft durch AF getrieben. Berechnet man nun AF, so findet man ungefähr 15 F., also so viel, als der Fallraum auf der Erde in einer Secunde beträgt. Dieß ist aber nach dem Vorhergehenden auch die Größe des Fallraumes in der Entfernung des Mondes.

§. 138. Die allgemeine Anziehung der Materie wirkt bis in die weitesten Fernen, so daß die Sonne selbst die Kometen, die zum Theil in sehr lang gestreckten Ellipsen um die Sonne kreisen, auch in ihrer Sonnenferne noch anzuziehen vermag. So wie die Sonne aber alle übrigen Planeten anzieht, so wirken auch diese gegenseitig einander anziehend, und stören sich dadurch in ihren Bahnen. Derjenige Himmelskörper, welcher die größere Masse hat, bringt in dem Gange des andern Körpers eine größere Störung hervor; da die Kometen eine so außerordentlich geringe Masse haben, so erleiden sie sehr beträchtliche Aenderungen in ihren Bahnen, wenn sie in die Nähe der Planeten kommen. Gewisse Unregelmäßigkeiten im Gange des Uranus haben dem Leverrier die Veranlassung und die Mittel geboten, noch einen jenseits des Uranus befindlichen Planeten durch Ausrechnung zu entdecken.

§. 139. Wenn sich ein Körper um eine Linie als Axe bewegt, so entsteht durch diese Umdrehung in jedem Punkte desselben ein Bestreben, sich von dieser Axe zu entfernen; man nennt dasselbe die Centrifugalkraft oder Schwungkraft. Jeder weiß, daß wenn man eine Kugel an einem Faden im Kreise herumschleudert, der Faden, welcher die Kugel hält, angespannt wird, und daß diese Spannung mit der Umdrehungsgeschwindigkeit zunimmt. Die Centrifugalkraft ist also in diesem Falle der Spannung des Fadens gleich und entgegengesetzt. Bei der Bewegung der Planeten um die Sonne ist es die Centripetalkraft, welche die Centrifugalkraft vernichtet; beide sind einander stets genau gleich und entgegengesetzt. — Wird in dem angeführten Beispiele der Faden plötzlich durchschnitten (oder hört die Centripetalkraft plötzlich auf zu wirken), so wird sich die Kugel in der Tangente desjenigen Punktes des Kreises fortbewegen, in welchem sie sich gerade zur Zeit des Durchschneidens befindet.

Hängt man an dem obern Ende des Stabes AB, Fig. 84, beweglich die beiden Kugeln C und C, auf, und setzt den Stab durch eine über die Rolle D gehende Schnur in Umdrehung um die Linie AB als Axe, so werden die beiden Kugeln sich von dem Stabe entfernen, und die punktirte Lage C′ C′ annehmen; sie erheben sich dabei so weit, daß ein gewöhnliches Pendel von der Länge AE in derselben Zeit eine Schwingung macht, in welcher die Kugeln eine Umdrehung um die Axe AB vollenden. E ist der Punkt, in welcher die Axe AB von der Verbindungslinie der Mittelpunkte der beiden im Umschwunge befindlichen Kugeln geschnitten wird.

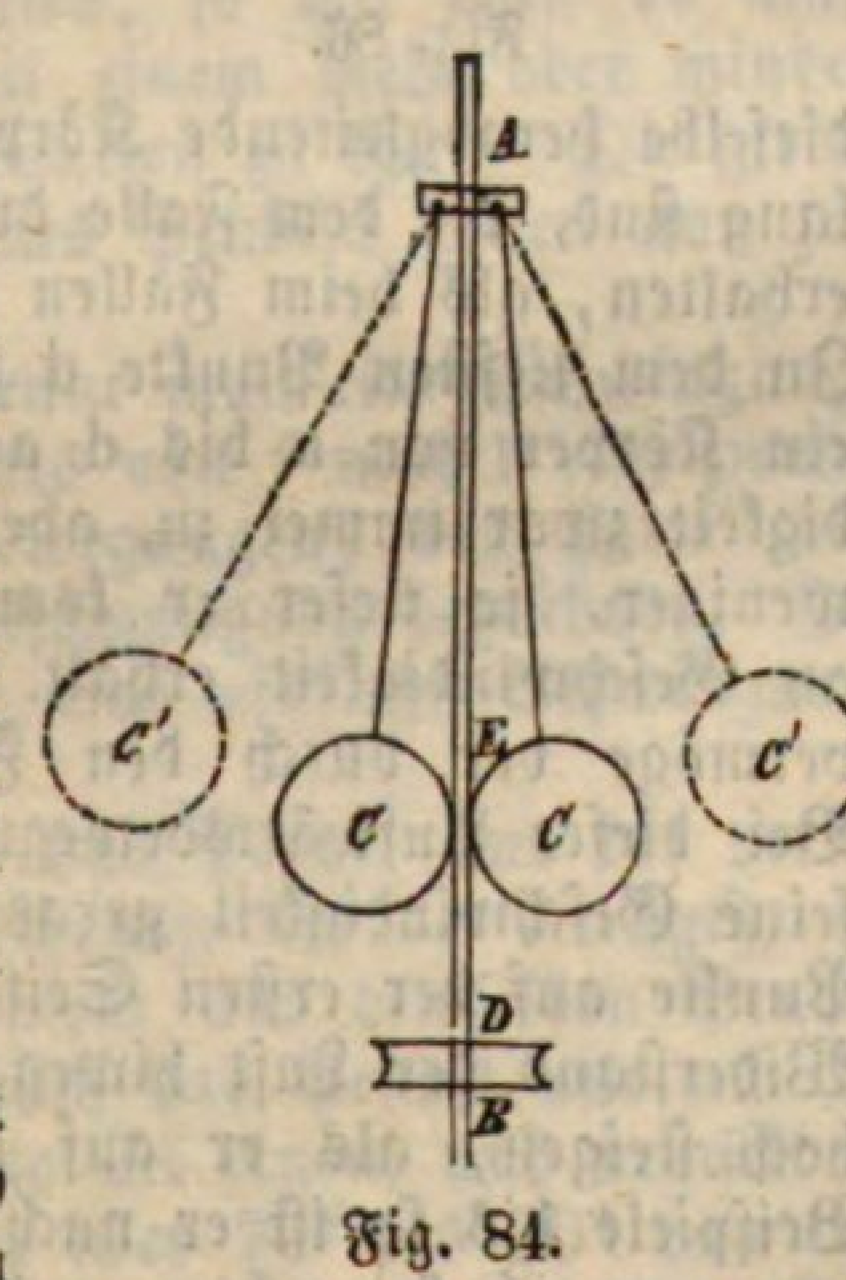


Fig. 84.

Da alle Punkte der Erdoberfläche in derselben Zeit eine Umdrehung um die Axe vollenden, und die Punkte unter dem Aequator einen größern Kreis beschreiben, also sich schneller bewegen, als die nach den Polen zu gelegenen, so muß die Schwungkraft unter dem Aequator größer sein, als unter den Polen. Sie wirkt folglich der Schwerkraft an dem Aequator stärker

entgegen, als an den Polen, und dieß um so mehr, weil sie unter dem Aequator der Schwerkraft gerade entgegengesetzt ist, während sie nach den Polen hin einen immer größern Winkel mit der Richtung der Schwere macht, und der letztern deßhalb um so weniger entgegenwirken kann. Es wurde schon früher, §. 48, erwähnt, daß eine flüssige Kugel, welche in Umschwung gesetzt wird, sich in ein an den Enden der Umdrehungsaxe abgeplattetes Umdrehungsellipsoid verwandelt. Um dieß noch durch einen Versuch zu bestätigen, befestige man an der Axe A B, Fig. 85, einen Ring aus sehr dünnem elastischen Blech A C B D; setzt man dann mittelst einer über die Rolle bei B gehenden Schnur die Axe und den Ring in Umdrehung, so verliert er seine Kreisform, und nimmt die elliptische Form A′ C′ B D′ an. Der Ring ist nämlich nur bei B befestigt, und die Axe geht bei A leicht durch eine etwas weitere Oeffnung. Nach dem Aufhören der Drehung nimmt der Ring seine alte Form wieder an.

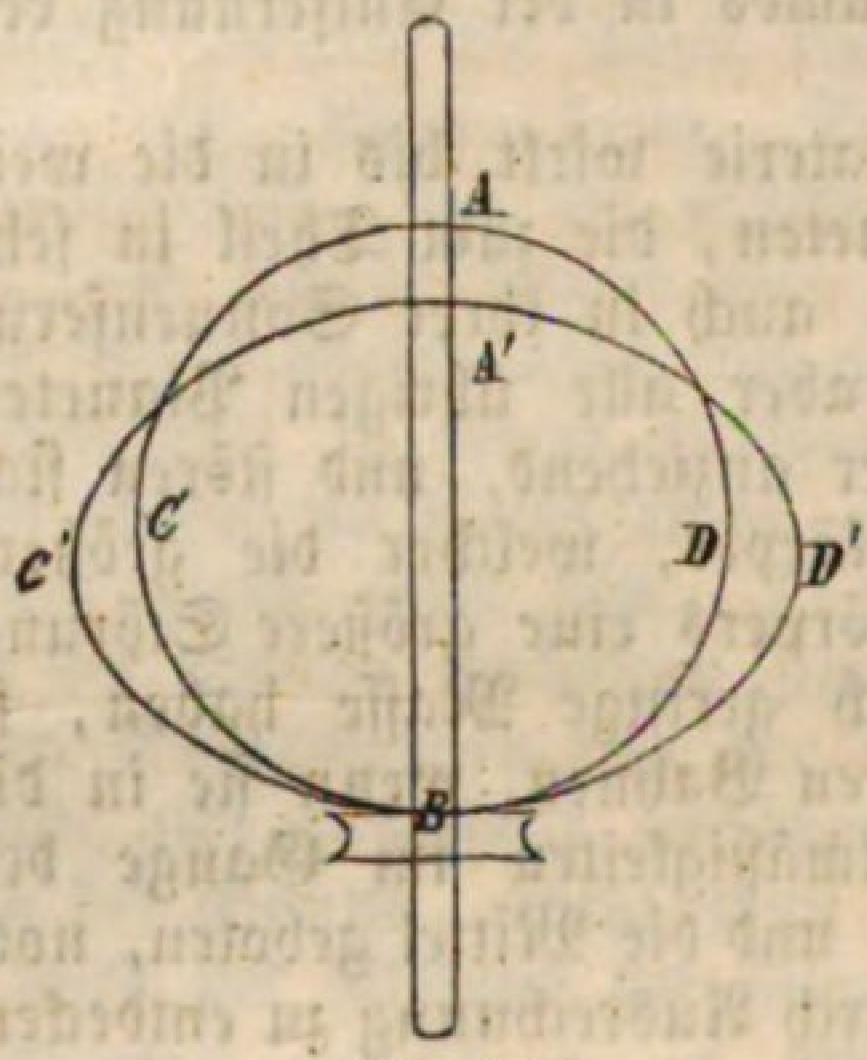


Fig. 85.

§. 140. Während ein auf einer schiefen Ebene herabfallender Körper eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung zeigt, weil die beschleunigende Kraft $\left(g\frac{h}{l}\right)$ in jedem Punkte der schiefen Ebene dieselbe bleibt, so wird ein auf einer Kreislinie herabfallender Körper eine ungleichmäßig beschleunigte Bewegung erhalten. Es sei a b d e f, Fig. 86, ein Halbkreis, und ein Körper befinde sich in a. Man kann den Kreis als ein Vieleck von unendlich vielen Seiten betrachten, und sich den Körper auf diesem Vieleck fallend, denken. Da die einzelnen Vieleckseiten eben so viele schiefe Ebenen darstellen, diese kleinen schiefen Ebenen aber bei a und f steiler sind, als bei b und e und hier wieder steiler als bei d (wo diese letztere ganz horizontal liegt), so wird der über dieselbe herabgleitende Körper, weil alle diese kleinen schiefen Ebenen gleich lang sind, bei dem Falle durch die oberen Seiten eine größere Geschwindigkeit erhalten, als beim Fallen durch eine tiefer liegende, weniger geneigte Seite. In dem tiefsten Punkte d findet gar keine Beschleunigung Statt. Fällt also ein Körper von a bis d auf dem Kreise herab, so nimmt seine Geschwindigkeit zwar immer zu, aber nicht immer um dieselbe Größe, sondern um so weniger, je tiefer er kommt, bis er im Punkte d gar keinen Zuwachs an Geschwindigkeit erhält. Ist der Körper in d angekommen, so wird er vermöge der durch den Fall erlangten Geschwindigkeit aufwärts steigen. Bei dieser Aufwärtsbewegung verringert die Schwerkraft in jedem Punkte seine Geschwindigkeit gerade um so viel, als sie dieselbe im entsprechenden Punkte auf der ersten Seite vergrößerte. Es wird demnach (Reibung und Widerstand der Luft hinweggedacht) der Körper auf der zweiten Seite eben so hoch steigen, als er auf der ersten gefallen ist, also in dem vorliegenden Beispiele bis f; ist er nach f gelangt, so muß er dieselbe Bewegung, die er von a nach f machte, wieder rückwärts von f nach a ausführen u. s. f. Was aber gilt, wenn der Körper von a herabfällt, bleibt ebenfalls richtig, wenn er nur von b anfängt zu fallen; er steigt dann auf der andern Seite nur bis zu der gleichen Höhe e.



Fig. 86.

§. 141. Offenbar ist es gleichgiltig, wodurch der Körper genöthigt wird, eine Kreislinie zu beschreiben; es wird also der Körper dieselbe Bewegung, wie vorhin annehmen, wenn er an einem Faden aufgehangen wird, dessen Länge gleich dem Radius jenes Kreises, also = dc ist. Eine solche Vorrichtung heißt ein Pendel; seine Bewegung herabwärts ist nach dem Vorhergehenden eine ungleichmäßig beschleunigte, und beim Steigen aufwärts eine ungleichmäßig verzögerte. Man kann sich hievon auch noch dadurch überzeugen, daß man die Größe der Kraft, welche das Pendel in jedem Punkte seiner Bahn antreibt, construirt. Ist ein schwerer Punkt an dem ohne Schwere zu denkenden Faden c d, Fig. 87, aufgehangen, und bis zum Punkte b aus der vertikalen Lage c d entfernt, so mag b h die Größe der Schwerkraft vorstellen. Der schwere Punkt kann jedoch der Richtung der Schwerkraft nicht folgen, sondern diese muß in zwei andere zerlegt werden, von denen die eine b f in der Richtung des Fadens, und die zweite b k senkrecht auf denselben, also in der Richtung der Tangente (oder der kleinen schiefen Ebene, wenn man den Kreis als Vieleck ansieht) wirkt. b f kann nur den Faden anspannen, während b k den schweren Punkt in dem Kreise weiter treibt. Macht man dieselbe Construction in m, wo die Schwerkraft m p gleich und parallel mit b h wirkt, so ist m n die Kraft, welche den schweren Punkt im Kreise herabzieht. Man sieht, wie die beschleunigende Einwirkung der Schwere abnimmt, bis sie in d (weil d q in der Richtung des Fadens d c liegt) gänzlich zu Null wird und dann beim Aufsteigen keine Beschleunigung, sondern eine entsprechende Verzögerung erzeugt.

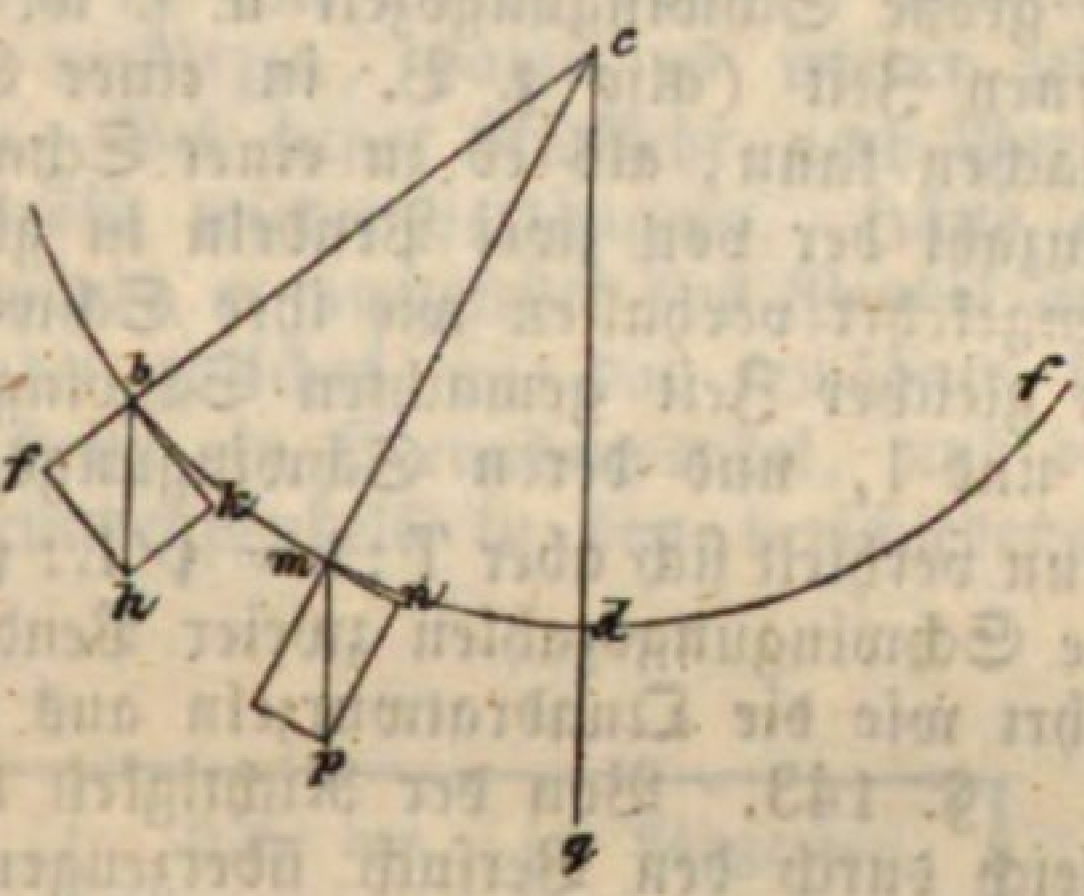


Fig. 87.

§. 142. Denkt man sich an dem schwerlosen Faden c d einen einzigen schweren Punkt angehangen, wie auch schon im Vorhergehenden angenommen wurde, so hat man ein sogenanntes einfaches oder mathematisches Pendel; betrachtet man aber ein in der Praxis ausgeführtes, so hat man es nicht mit einem einzigen schweren Punkte, sondern mit einem mehr oder minder ausgedehnten Körper, also mit einer Reihe von Punkten zu thun. Die gleich anzugebenden Gesetze über die Schwingungen eines Pendels gelten nun zunächst für das einfache Pendel.

Die Bewegung des Pendels von b nach f nennt man eine Schwingung, und ebenso die darauf folgende Bewegung rückwärts von f nach b eine zweite Schwingung. Man kann auch diese beiden Bewegungen, den Hin- und Hergang des Pendels zusammen, als eine Doppelschwingung bezeichnen. In dem Folgenden ist unter Schwingung stets nur eine einfache Schwingung zu verstehen.

Wenn der Winkel d c b, um welchen man das Pendel aus der vertikalen Lage entfernt, nur sehr gering ist (nur wenige Grade beträgt), so geschehen alle diese kleinen Schwingungen bei einem und demselben Pendel in gleicher Zeit. Zu Schwingungen, bei denen sich das Pendel nur um 1° und um 2° von der Vertikalen entfernt, wird also bei einem und demselben Pendel gleichviel Zeit erfordert; läßt man dasselbe aber 20° bis 30° von der Vertikalen sich erheben, so wird die auf eine Schwingung verwendete Zeit etwas größer. Die zu einer Schwingung erforderliche Zeit heißt Schwingungszeit oder Schwingungsdauer.

Die Schwingungszeit eines Pendels hängt von seiner Länge und von der Größe der Schwerkraft, aber durchaus nicht von der Materie ab, aus welcher der schwere Punkt besteht. Die Schwingungen kürzerer Pendel werden in kürzerer Zeit vollendet als die Schwingungen längerer. Die Schwingungszeiten verschieden langer Pendel verhalten sich nämlich wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen. Wenn L und l die Längen zweier Pendel, und T und t ihre Schwingungszeiten bedeuten, so ist $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$. Also nicht ein doppelt so langes Pendel, sondern erst ein vierfaches braucht die doppelte Zeit zu einer Schwingung; ein neunmal längeres hat eine dreifach so große Schwingungszeit u. s. w. Da offenbar ein Pendel in einer gegebenen Zeit (also z. B. in einer Stunde) um so weniger Schwingungen machen kann, als es zu einer Schwingung mehr Zeit erfordert, so wird die Anzahl der von zwei Pendeln in gleicher Zeit gemachten Schwingungen sich umgekehrt verhalten wie ihre Schwingungszeit. Bedeuten also N und n die in gleicher Zeit gemachten Schwingungen der beiden Pendel, deren Länge L und l, und deren Schwingungszeit T und t ist, so wird $n : N = T : t$. Nun verhielt sich aber $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, also ist auch $n : N = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, d. h. die Schwingungszahlen zweier Pendel in derselben Zeit verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen.

§. 143. Von der Richtigkeit dieser letzten Proportionen kann man sich gleich durch den Versuch überzeugen. Man bildet z. B. aus einer kleinen Bleikugel und einem möglichst dünnen und leichten Faden ein Pendel, und ein zweites aus einer gleichen Kugel und einem viermal längern Faden. Man wird, wenn man beide Pendel gleichzeitig schwingen läßt, sich überzeugen, daß das letztere jedes Mal nur eine Schwingung macht, während das erstere zwei vollendet; in einer Minute wird folglich das lange auch nur halb so viel Schwingungen machen, als das kurze.

Nimmt man die Pendellänge zweier Pendel nach ganz beliebigem Verhältniß, so kann das Verhältniß der Schwingungszeiten sich nicht so augenscheinlich darstellen; man kann sich dann von der Richtigkeit des obigen Gesetzes erst durch eine genaue Bestimmung der Schwingungszeit überzeugen. Um aber die Schwingungszeit eines Pendels mit Genauigkeit zu bestimmen, mißt man nicht etwa die Zeit einer einzigen Schwingung (dieß würde ein ganz unbrauchbares Resultat geben), sondern man mißt die Zeit, welche zu einer größern Anzahl Schwingungen (also vielleicht zu 1000) nöthig ist, genau nach einer Secundenuhr, und dividirt dann die erhaltene Zeit durch die Anzahl der Schwingungen. Da alle Schwingungen gleichviel Zeit verbraucht haben, so muß der Quotient die Zeit einer Schwingung angeben. Diesen Werth wird man nun um so genauer finden, je größer die Anzahl der Schwingungen gewesen ist. — Läßt man zwei Pendel z. B. fünf Minuten lang schwingen, und zählt die von jedem in dieser Zeit gemachten Schwingungen, so werden die gefundenen Schwingungszahlen sich umgekehrt verhalten wie die Pendellängen.

§. 144. Die Schwingungszeit eines Pendels hängt aber auch von der Größe der Schwere ab. Ein Pendel schwingt um so schneller, je stärker die Schwere wirkt. Da die Erde keine Kugel, sondern ein an den Polen abgeplattetes Ellipsoid darstellt, so ist ein Punkt ihrer Oberfläche am Pole dem Mittelpunkte der Erde näher, als ein Punkt ihrer Oberfläche unter dem Aequator; ein an der Oberfläche der Erde befindlicher schwerer Körper wird also unter dem Pole stärker angezogen als unter dem Aequator. Ein an dem Pole befindliches Pendel wird folglich schneller schwingen, als ein ebenso langes unter dem Aequator. Dazu kommt noch, daß die durch die Umdrehung

der Erde erzeugte Schwungkraft die Anziehung unter dem Aequator ebenfalls mehr verringert als unter den Polen (weil ein Punkt des Aequators sich schneller bewegt als ein Punkt in der Nähe der Pole). Diese Schwungkraft bewirkt folglich unter dem Aequator ebenfalls einen langsamern Gang des Pendels als am Pole.

Hat man ein Pendel von solcher Länge construirt, daß es z. B. in Paris zu jeder Schwingung eine Secunde gebraucht (seine Länge ist 39,14 Pariser Zoll), so wird dieses Pendel, nach dem Aequator gebracht, mehr Zeit als eine Secunde zu jeder Schwingung nöthig haben. Richer mußte ein solches von Paris mitgenommenes Pendel in eine Breite von 5° nördlich vom Aequator ungefähr um 1¼ Linie verkürzen, damit es wieder jede Schwingung in einer Secunde vollendete. Bei seiner Rückkehr nach Paris mußte er das Pendel um die gleiche Größe wieder verlängern. Hätte er eine Reise nach den Polen gemacht, so würde er umgekehrt das Pendel am Pole haben verlängern müssen. Ein Pendel, welches, wie das erwähnte, in einer Secunde eine Schwingung macht, heißt ein Secundenpendel, und die folgende Tabelle gibt die Länge des Secundenpendels in den verschiedenen Breiten in Pariser Zollen:

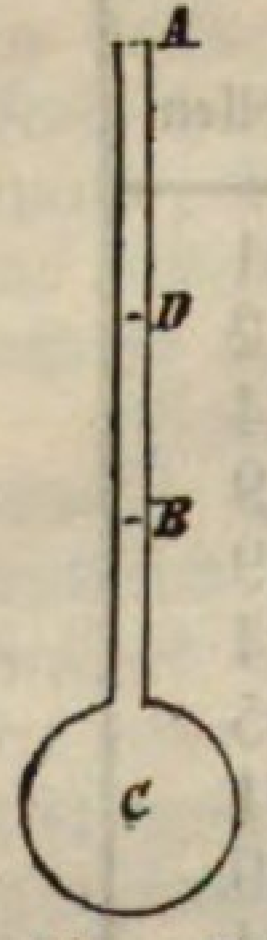
Orte.	Breite.	Höhe des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel.	Länge des Secundenpendels in Pariser Zollen.
St. Thomas . .	0° 24′ 11″ S.	6 Meter	39,021
Maranhao . .	2° 31′ 43″ S.	23 —	39,012
Ascension . .	7° 55′ 48″ S.	5 —	39,024
Sierra Leone .	8° 29′ 28″ N.	55 —	39,019
Trinidad . . .	10° 38′ 56″ N.	6 —	39,019
Bahia	12° 59′ 21″ S.	65 —	39,024
Jamaika . . .	17° 56′ 7″ N.	3 —	39,035
New-York. . .	40° 42′ 43″ N.	20 —	39,101
London . . .	51° 31′ 8″ N.	28 —	39,139
Drontheim . .	63° 25′ 54″ N.	37 —	39,174
Hammerfest . .	70° 40′ 5″ N.	9 —	39,195
Grönland . . .	74° 32′ 19″ N.	9 —	39,203
Spitzbergen . .	79° 49′ 58″ N.	6 —	39,215

Da die Schwere mit der Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde abnimmt, so muß natürlich ein Pendel auch langsamer gehen, wenn man es aus der Nähe des Meeresufers auf einen Berg trägt. Es ist deßhalb in der vorstehenden Tabelle auch die Höhe des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel angegeben. Wollte man die Länge des einfachen Secundenpendels als Einheit des Maaßes annehmen, so würde nach dem Vorhergehenden jeder Ort seine besondere Maaßeinheit besitzen, weil jedem das Recht zukäme, die für ihn passende Länge des Secundenpendels als Grundmaaß anzusehen.

Die Länge und die Schwingungszeit eines Pendels bieten nun auch das genaueste Mittel zur Bestimmung der Schwere an einem Orte dar. Es wird nämlich in der Mechanik bewiesen, daß, wenn l die Länge eines Pendels, t seine Schwingungszeit, und g die Geschwindigkeit eines Körpers nach dem

freien Falle von einer Secunde bedeutet, $t = 3{,}1415 \sqrt{\frac{l}{g}}$. Ist nun t und l durch einen Versuch bestimmt, so läßt sich g berechnen. Am bequemsten wird die Formel, wenn man l so einrichtet, daß das Pendel gerade Secunden schlägt; dann ist $t = 1$, und man hat $1 = 3{,}1415 \sqrt{\frac{l}{g}}$; oder wenn man auf beiden Seiten das Quadrat bildet, $1 = (3{,}1415)^2 \frac{l}{g}$, und also $g = 9{,}870 \cdot l$. Ist also l für Paris = 39,14 Zoll, so wird g = 386,4 Zoll = 32,2 Fuß.

§. 145. Besteht ein Pendel aber nicht aus einem einzigen schweren Punkte, sondern aus mehreren, fest mit einander verbundenen, die sich in verschiedenen Entfernungen vom Aufhängungs- (oder Dreh-) Punkte befinden, so will nach dem Vorhergehenden jeder Punkt in einer seiner Länge entsprechenden Zeit seine Schwingung vollenden; die weiter vom Drehpunkte entfernten Punkte wollen langsamer als die näheren schwingen. Da nun aber sämmtliche Punkte unveränderlich mit einander verbunden sind, und also alle gleichzeitig ihre Schwingung machen müssen, so wird das ganze System von Punkten gezwungen, mit einer gewissen mittlern Geschwindigkeit seine Schwingungen zu vollenden. Es sei z. B. ein mit einer Linse versehener Stab A C, Figur 88, als Pendel gegeben. Stab und Linse zusammen werden dann nicht so schnell schwingen, wie z. B. der Punkt D oder B, wenn jeder dieser beiden Punkte allein ein einfaches Pendel bildete, sondern so schnell als der mittlere Punkt C, wenn derselbe allein ein einfaches Pendel bildete. Die Entfernung A C gibt die Länge des einfachen Pendels an, welches eben so schnell schwingt, als der mit der Linse versehene Stab. Der Punkt C heißt der Mittelpunkt der Schwingung; seine Lage lehrt die Mechanik mit Hilfe der höhern Mathematik bestimmen. Spricht man von der Länge eines zusammengesetzten Pendels, so ist stets die Entfernung vom Aufhängungspunkte A bis zum Schwingungsmittelpunkte C gemeint, oder die Länge eines einfachen Pendels, das eben so schnell schwingt, als das zusammengesetzte. Will man sich ein Pendel construiren, das man fast als ein einfaches betrachten kann, so muß man einen kleinen, möglichst schweren Körper an einem sehr feinen Faden oder Draht aufhängen. Ist der kleine Körper eine Kugel, und der Faden ziemlich lang, so kann man ohne bedeutende Fehler den Mittelpunkt der kleinen Kugel als den Mittelpunkt der Schwingung betrachten; bis dahin ist also nur die Länge des Pendels zu rechnen.



Figur 88.

§. 146. Da die Wärme alle Körper ausdehnt, so wird sie auch die Pendelstange verlängern, und dadurch die Schwingungszeit eines Pendels verlängern; umgekehrt wirkt die Kälte, sie verkürzt die Pendellänge und hiemit auch die Schwingungszeit. Man bedient sich des Pendels besonders zur Regulirung des Ganges der Uhren; erleidet nun das Pendel durch Temperaturveränderungen ebenfalls Veränderungen in seiner Schwingungszeit, so wird durch dieselben natürlich der Gang der Uhren auf gleiche Weise geändert. In der Wärme geht daher eine Pendeluhr langsamer als in der Kälte.

Für die Astronomie ist es aber durchaus nothwendig, genaue und von den Temperaturveränderungen nicht in ihrem regelmäßigen Gange gestörte Uhren zu besitzen. Man hat deßhalb Pendel zu construiren gesucht, welche

durch die Temperaturschwankungen sich nicht verändern, und zu diesem Zwecke die verschiedene Ausdehnung der Metalle angewandt.

Es ist schon früher, §. 8, gezeigt, daß das Messing sich mehr ausdehnt, als das Eisen. Sind in Figur 89 die mit E bezeichneten Rechtecke aus Eisen, die mit M bezeichneten aus Messing verfertigt, so werden durch die Ausdehnung der Eisenstäbe E in der Wärme allerdings die übrigen Stäbe M, M', E', E'' und die Linse F sinken, durch die Ausdehnung der Messingstäbe M aber die innerhalb liegenden Stäbe E', M', E'' und die Linse gehoben u. s. f. Man sieht, daß die Linse F durch die Ausdehnung aller Eisenstäbe sinkt, durch die Ausdehnung aller Messingstäbe steigt. Die Linse hängt an dem Stabe E'', der frei neben den untern Querstäben vorbeigeht. Käme es also nur darauf an, die Linse stets in derselben Entfernung vom Aufhängungspunkte A zu halten, so hätte man nur nöthig, den Eisen- und Messingstäben eine solche Länge zu geben, daß die drei Eisenstäbe E, E', E'',



Figur 89.

sich genau so viel verlängerten, als die beiden Messingstäbe M, M', dann würde die Linse durch die Verlängerung der Messingstäbe genau so viel gehoben, als sie durch die Eisenstäbe gesenkt wird. Die Verhältnisse in der Länge der Messing- und Eisenstäbe sind aber leicht berechnet, wenn die Ausdehnung des Eisens und Messings durch die Wärme bekannt ist. Soll das ganze System ein zusammengesetztes Pendel bilden, das durch die Wärme keine Aenderung erleidet, so müssen die Dimensionen so gewählt werden, daß der Mittelpunkt der Schwingung bei allen Temperaturen stets in derselben Entfernung vom Aufhängungspunkte bleibt. Ein solches Pendel, das frei ist von den Einflüssen der Temperatur, heißt ein Compensationspendel; das so eben beschriebene heißt nach seiner Gestalt ein Rostpendel. Es lassen sich natürlich durch die ungleiche Ausdehnung der Metalle auch noch in anderen Formen Compensationspendel construiren; ihre nähere Angabe würde aber zu weit führen.

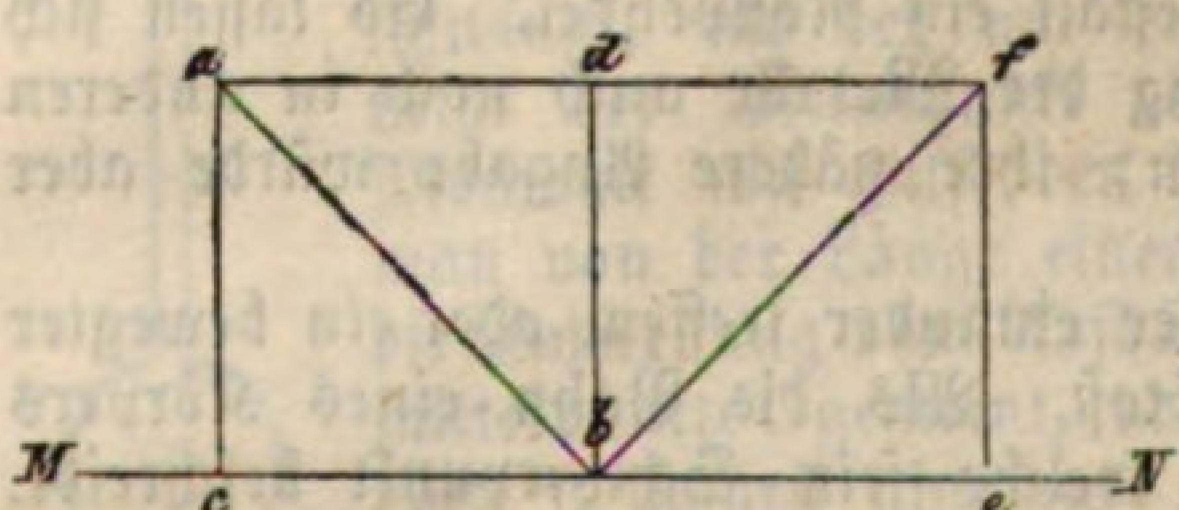
§. 147. Wenn zwei bewegte Körper einander treffen, oder ein bewegter einen ruhenden trifft, so entsteht ein Stoß. Als die Bahn eines Körpers kann man diejenige Linie betrachten, welche sein Schwerpunkt beschreibt. Wenn die Richtung des einen Körpers durch den Schwerpunkt des andern geht, so ist der Stoß ein centraler, im Gegentheil ein excentrischer. Steht die Verbindungslinie der Schwerpunkte beider Körper senkrecht auf der Ebene, welche beide Körper in dem Punkte, in welchem sie sich treffen, als Tangentenebene berührt, so heißt der Stoß ein gerader, und im Gegentheil ein schiefer. Es werden hier nur einige Sätze über die Wirkung eines geraden und centralen Stoßes angedeutet werden. Der Einfachheit wegen sollen die beiden Körper zwei gleich große Kugeln sein, deren Schwerpunkte sich genau in der Richtung der Bewegungen befinden. Der Erfolg bei dem Zusammenstoßen der beiden Kugeln wird sehr verschieden sein, je nachdem dieselben mehr oder weniger elastisch sind.

Sind die beiden Kugeln völlig unelastisch und hart, erlauben sie gar keine Veränderungen in ihrer Form, so werden beide Kugeln, wenn sie mit gleichen Geschwindigkeiten von entgegengesetzten Seiten herkommend einander treffen, nach dem Stoße ruhig stehen bleiben, weil das Bewegungsmoment der einen Kugel das gleiche und entgegengesetzte der andern aufhebt. Haben die beiden von entgegengesetzten Seiten herkommenden Kugeln nicht dieselbe Geschwindigkeit, die eine Kugel die Geschwindigkeit C, und die andere c, so

gehen nach dem Stoße beide zusammen in der Richtung der schneller sich bewegenden mit einer Geschwindigkeit $\frac{C - c}{2}$, die also gleich der Hälfte des Unterschiedes der beiden Geschwindigkeiten vor dem Stoße ist, weiter. Trifft eine schnellere Kugel auf eine in gleicher Richtung sich bewegende, so gehen beide nach dem Stoße mit der Geschwindigkeit $\frac{C + c}{2}$, die also gleich der halben Summe der Geschwindigkeiten vor dem Stoffe ist, weiter. Trifft eine mit der Geschwindigkeit C sich bewegende Kugel auf eine zweite ruhende, so gehen beide nach dem Stoße zusammen mit der Geschwindigkeit $\frac{C}{2}$ weiter.

§. 148. Ganz anders gestalten sich diese Erscheinungen, wenn man sich die Kugeln vollkommen elastisch denkt. Wenn ein solcher vollkommen elastischer Körper gegen eine Ebene trifft, so bleibt er nicht gleich stehen, sondern kommt erst nach und nach, indem er seine Geschwindigkeit abändert, zur Ruhe, aber nur auf einen Augenblick. Denn indem der Körper vermöge seiner Elasticität seine ursprüngliche Form wieder herzustellen bemüht ist, gewinnt er dieselbe Kraft, die ihn gegen die Ebene antrieb, gerade in der entgegengesetzten Richtung rückwärts. Wäre ein Ball von Kautschouk vollkommen elastisch, so müßte er zu derselben Höhe zurückspringen, von welcher man ihn herabfallen ließ (im luftleeren Raume). Je weniger ein Körper elastisch ist, um so weniger hoch springt er nach dem Falle auf eine feste Ebene wieder zurück.

Wird ein vollkommen elastischer Körper unter einem Winkel gegen eine Ebene geworfen, so muß er unter demselben Winkel wieder zurückspringen, unter welchem er auffiel. Ist z. B. a b Figur 90 die Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper unter dem Winkel a b M die Ebene M N trifft, so muß diese Geschwindigkeit durch Construction eines Parallelogramms in zwei zerlegt werden, von denen die eine a c oder d b senkrecht gegen die Ebene, die andere c b aber mit derselben parallel ist. Die letztere c b erleidet durch den Stoß keine Aenderung, nur die erstere, welche beim Aufschlagen auf die Ebene die Richtung von d nach b hatte, erhält nach dem Zurückspringen die Richtung von b nach d, und gewinnt ihre ganze Stärke d b wieder. Im Punkte b wirken also nach dem Stoße auf den elastischen Körper zwei Kräfte, die unverändert geblieben], b e und b d; setzt man beide zusammen, so erhält man die resultirende Geschwindigkeit b f. Da die beiden Parallelogramme in allen Stücken völlig gleich sind, so ist auch der Winkel f b N, unter welchem der elastische Körper zurückspringt, gleich dem Winkel a b M, unter welchem er einfiel.



Figur 90.

Wenn zwei vollkommen elastische Kugeln von gleicher Größe sich genau in derselben Linie bewegen, so ist der Erfolg des Stoßes zwischen beiden eine Verwechslung der Geschwindigkeit. Treffen sie beide mit gleicher Geschwindigkeit, von entgegengesetzter Seite kommend, gegen einander, so gehen sie nach dem Stoße nach der Seite, von welcher sie hergekommen, mit derselben Geschwindigkeit wieder zurück. Besitzt die eine derselben eine größere Geschwindigkeit, so geht nach dem Stoße die schneller ankommende

als die langsamere, und die langsamer ankommende als die schnellere wieder zurück. Haben beide Kugeln dieselbe Richtung, und bewegt sich die schnellere hinter der langsamern, so geht nach dem Zusammentreffen die vordere mit der Geschwindigkeit der schnellern weiter, während die hintere nun mit der kleinern Geschwindigkeit nachfolgt. Stößt eine Kugel auf eine ruhende von gleicher Größe, so geht die ruhende mit der Geschwindigkeit der stoßenden weiter, und die letztere stellt sich auf den Platz der andern.

Es gibt in der Natur keinen Körper, der vollkommen elastisch wäre, und auch keinen, der jeder Elasticität entbehrte. Je nachdem nun der Zustand des Körpers sich mehr dem einen oder dem andern Extrem nähert, werden die Erscheinungen bei dem Zusammenstoßen derselben mehr mit den Erscheinungen bei vollkommen elastischen oder bei unelastischen Körpern übereinstimmen.

§. 149. Schon öfter ist erwähnt, daß bei der Bewegung durch die Reibung, durch die Steifigkeit der Seile und durch den Widerstand des Mittels, in welchem der Körper sich bewegt, Hindernisse und Hemmnisse entstehen. Man kann die Größe der Reibung bestimmen, indem man die auf ihre Reibung zu untersuchenden Stoffe horizontal auf einander legt, und durch eine an dem obern Körper angebrachte Schnur, die über eine Rolle geleitet und durch Gewichte gespannt wird, den obern Körper über den untern hinzuschieben sucht, Figur 76. Man vermehrt die an der Schnur angehängten Gewichte allmälig so weit, bis daß die Bewegung beginnt. Die Reibung hängt nun von dem Stoffe, von der Politur der Flächen und von dem Drucke ab, mit welchem beide Körper gegen einander gepreßt werden.

Siebenter Abschnitt.

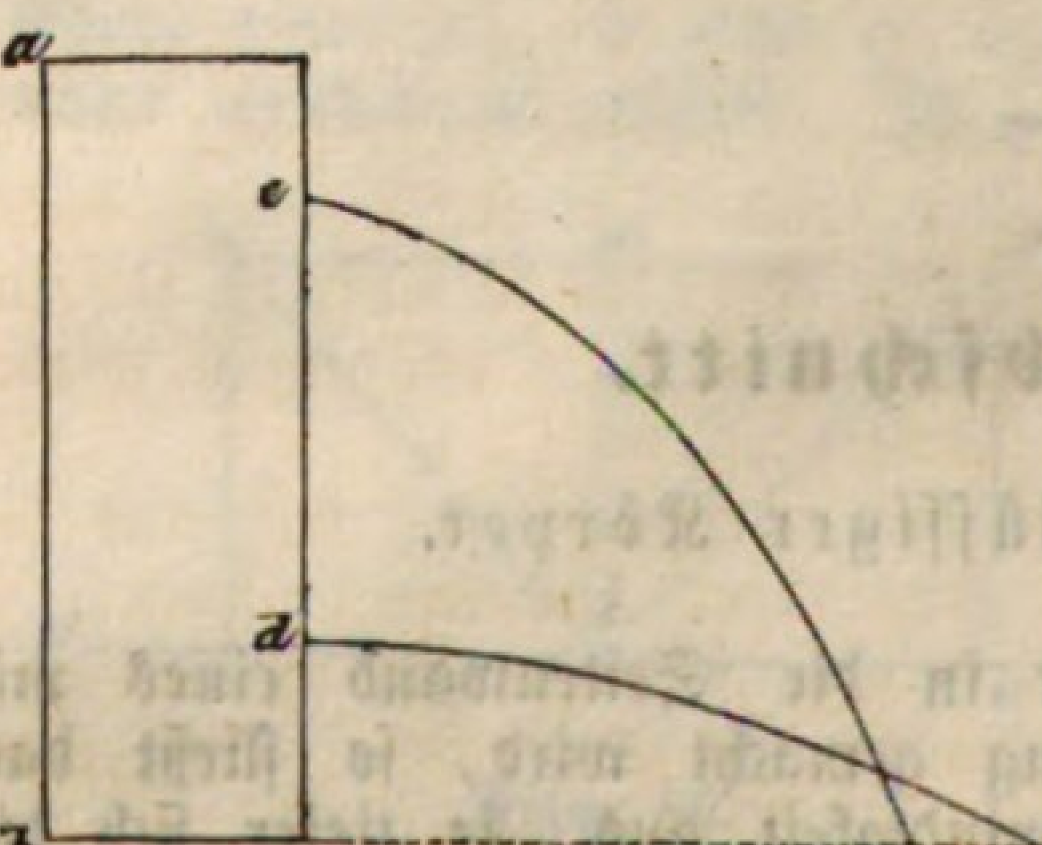
Von der Bewegung flüssiger Körper.

§. 150. Wenn in den Boden oder in die Seitenwand eines mit Wasser angefüllten Gefäßes eine Oeffnung gemacht wird, so fließt das Wasser mit einer um so größern Geschwindigkeit aus, je tiefer sich die Oeffnung unter der Oberfläche der Flüssigkeit befindet. Es ist die Geschwindigkeit c des ausfließenden Wassers gerade so groß, als wenn dasselbe von der Oberfläche bis zur Oeffnung (also durch die ganze Druckhöhe s) frei gefallen wäre. Bedeutet g die Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers am Ende der ersten Secunde, und s die Höhe, von welcher ein Körper gefallen ist, so ist (§. 124) seine Geschwindigkeit c nach der Zurücklegung dieses Raumes, $c = \sqrt{2sg}$. Da die Geschwindigkeiten beim freien Falle sich verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Fallhöhen, so werden auch hier beim Ausfließen des Wassers die Geschwindigkeiten sich verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen. Es fließt also aus einer Oeffnung das Wasser nur dann mit doppelt so großer Geschwindigkeit als aus einer andern, wenn die erstere vier Mal weiter von der Oberfläche des Wassers entfernt ist, als die zweite (oder wenn die Druckhöhe über der ersten Oeffnung vier Mal größer ist, als über der zweiten).

Für die Geschwindigkeit der ausfließenden Flüssigkeiten ist die Dichtigkeit derselben ganz gleichgiltig. Wenn Quecksilber aus einer Oeffnung ausschließt,

so ist zwar der Druck der über derselben stehenden Quecksilbersäule $13^{1}/_{2}$ Mal größer, als wenn Wasser unter derselben Druckhöhe ausfließt, aber diese $13^{1}/_{2}$ Mal größere Kraft hat auch das $13^{1}/_{2}$ Mal schwerere Quecksilber (also die $13^{1}/_{2}$fache Wassermasse) zu bewegen, und kann demselben nur eine gleiche Geschwindigkeit ertheilen, als eine gleich hohe Wassersäule dem ausfließenden Wasser. Man erkennt die Richtigkeit des so eben Gesagten auch schon aus der Form, in welcher das obige Gesetz zuerst ausgesprochen wurde, daß nämlich das ausfließende Wasser dieselbe Geschwindigkeit besitzt, als wenn es die Druckhöhe frei durchfallen könnte; alle Körper erlangen beim Fallen durch einen gleichen Raum gleiche Geschwindigkeit, also auch Quecksilber und Wasser beim Fallen durch die gleiche Druckhöhe.

§. 151. Einen experimentellen Beweis für den Ausdruck des Gesetzes, daß das Wasser beim Ausfließen eine Geschwindigkeit erlangt, welche gleich ist der Fallgeschwindigkeit durch die Druckhöhe, könnte man durch den Springbrunnen erhalten. Wenn das Wasser zu der engen Oeffnung A des kürzern Schenkels AB, Fig. 43, heraustritt, so hat es eine Geschwindigkeit erlangt, als wenn es von dem Niveau D im längern Schenkel bis zum Niveau der Oeffnung A (folglich durch die Höhe DC) herabgefallen wäre. Es wird daher auch eben so hoch wieder aus der Oeffnung A emporsteigen müssen, weil dann erst die erlangte Geschwindigkeit durch die Anziehung der Erde bis zu Null herabkommt. Der aufsteigende Wasserstrahl erreicht jedoch nie ganz das Niveau des längern Schenkels, weil die Reibung an den Wänden und der Widerstand der Luft, auch zum Theil das zurückfallende Wasser einen Theil der Geschwindigkeit vernichten.



Figur 91.

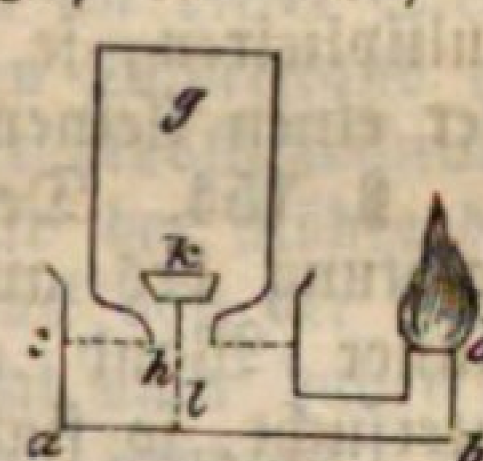
Macht man in der verticalen Seitenwand eines Gefäßes a b, Fig. 91, mehrere Oeffnungen über einander, so erhält das Wasser beim Austreten aus denselben eine verschiedene Geschwindigkeit in der horizontalen Richtung. Sobald das Wasser aber die Oeffnung verlassen hat, zieht die Schwere die Wassertheilchen herab, und der ausfließende Wasserstrahl bildet vor jeder Oeffnung eine Parabel (§. 134), deren Scheitel in der Oeffnung liegt. Da das zu der Oeffnung d ausströmende Wasser eine zwei Mal größere horizontale Geschwindigkeit besitzt, als das zu der Oeffnung e ausfließende, so wird auch die von ihm beschriebene Parabel sich weniger stark nach unten neigen.


Figur 92.

§. 152. Läßt man ein Gefäß durch eine Oeffnung im Boden sich nach und nach entleeren, so wird die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers immer kleiner und kleiner, je tiefer der Wasserspiegel herabsinkt. Will man einen mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fließenden Wasserstrahl erzeugen, so darf man die Druckhöhe sich nicht ändern lassen. Folgende Vorrichtung genügt hierzu. Es sei ab, Fig. 92, ein Gefäß, das unten bei c eine enge Ausflußöffnung und bei a eine mit einem Korke k verschließbare Oeffnung besitzt. Wird das Gefäß mit Wasser gefüllt, und dann durch den Kork k, welcher eine unten und oben offene Röhre ef enthält, verschlossen, so wird zu der engen Oeffnung cd kein Wasser

ausfließen, so lange die Röhre ef' mit ihrem untern Ende f' tiefer steht, als die Oeffnung cd. Es drückt nämlich die atmosphärische Luft gegen cd, und eben so auf das Wasser in der Röhre ef. Das Wasser wird in der Röhre ef' nur so hoch steigen, bis es mit der Oeffnung c im Niveau steht, dann halten sich die beiden Drucke der Luft in cd und ef' im Gleichgewichte, und tragen auch die in dem Gefäße über cd enthaltene Wassermasse cg. Zieht man indeß die Röhre ef' in die Höhe, so daß ihr unteres Ende über das Niveau der Oeffnung c in f zu stehen kommt, so dringt neben dem untern Ende f Luft in das Gefäß, und sammelt sich über g. Es fließt dann Wasser zu cd aus, aber nur unter einer Druckhöhe cn, welche der Entfernung des untern Endes der Röhre f über der Oeffnung c gleich ist. So lange die Röhre ef nicht in ihrer Stellung verändert wird, und ihr unteres Ende noch in's Wasser taucht, fließt das Wasser aus cd mit einer der eben angegebenen Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit gleichmäßig aus. Alles oberhalb f befindliche Wasser wird durch den Druck der Atmosphäre getragen.

Auf eine einfachere Weise findet man dasselbe Princip angewandt in den Lampen mit constantem Niveau. Es sei ab, Fig. 93, der blecherne Kasten einer Lampe, in welchem das Oel (oder der Spiritus) stets bis zu dem Niveau cd sich erheben soll. Man füllt ein Gefäß g mit enger unterer Mündung h mit Oel, verschließt die Oeffnung e durch einen kleinen Stöpsel k, kehrt das Gefäß um, und stellt es in den blechernen Kasten ab so tief, bis die Oeffnung h in der Höhe von cd liegt; so stößt der Stift l das Ventil k auf, und das Oel fließt aus G in den Kasten ab, bis es an die Oeffnung h reicht. Jetzt kann das Oel wegen des Druckes der äußern Luft nicht weiter ausfließen; nur wenn ein Theil des Oeles aus dem Kasten ab durch das Verbrennen bei d verschwindet, so daß wieder etwas Luft in G eindringen kann, tritt so viel Oel aus G heraus, bis die Oeffnung h wieder von demselben nach außen bedeckt wird.



Figur 93.

§. 153. Denkt man sich die Wirkung der Schwere auf das aus der Oeffnung ausgeflossene Wasser für einen Augenblick hinweggenommen, so würde dasselbe in gerader Richtung und mit gleichförmiger Geschwindigkeit vorwärts gehen, wenn die Druckhöhe unverändert dieselbe bliebe. Bildet die Oeffnung einen Kreis, so wird das ausfließende Wasser unter dieser Bedingung einen Cylinder erzeugen, dessen Grundfläche gleich ist der Größe der Oeffnung, und dessen Länge in jeder Secunde, um ein gleiches Stück (nämlich um die Geschwindigkeit des Wassers) zunimmt. Hiernach läßt sich leicht die in einer bestimmten Zeit ausfließende Wassermenge berechnen. Es werde die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers mit c, die Größe der Oeffnung mit a, und die Zeit in Secunden ausgedrückt mit t bezeichnet, so muß in einer Secunde ein Wassercylinder an der Länge c und der Grundfläche a ausfließen; sein Inhalt (die ihn bildende Wassermenge) ist $= ac$. In t Secunden muß dann, da der Ausfluß gleichförmig geschehen soll, eine tfach größere Wassermenge, also die Wassermenge $M = act$ ausfließen. Ist die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers = 18 Zoll, und der Querschnitt des Wasserstrahles = 1 □ Zoll, so beträgt die in einer Secunde ausfließende Wassermenge 1 . 18 Cubikzoll, also die in 40 Secunden ausfließende Wassermenge = 1 . 18 . 40 = 720 Cubikzoll.

Nach §. 150 hängt die Geschwindigkeit c von der Druckhöhe s ab, und ist $= \sqrt{2sg}$ (wo s die Druckhöhe, und g, wie sonst, die Fallgeschwin-

digkeit nach einer Secunde bedeutet). Ist s gemessen, und g aus der Lehre vom Falle bekannt, so läßt sich die Geschwindigkeit $c = \sqrt{2sg}$ berechnen, folglich auch die in t Secunden aus der gemessenen Oeffnung a ausströmende Wassermenge $M = atc = at\sqrt{2gs}$. Wenn man jedoch sämmtliche Messungen mit gehöriger Genauigkeit macht, und das in t Secunden ausfließende Wasser ebenfalls sorgfältig sammelt und mißt, so findet man die wirklich ausgeflossene Wassermenge nicht gleich der berechneten M, sondern bedeutend kleiner. Die unter verschiedenen Umständen gemachten Versuche zeigen, daß die Ausflußmenge abhängig ist von der Lage der Oeffnung gegen die umgebenden Waffertheilchen. Befindet sich nämlich die Oeffnung in einer dünnen Wand, so fließt nur eine Wassermenge aus, welche von der theoretisch berechneten ($M = at\sqrt{2gs}$) nahe $^2/_3$ beträgt. Fügt man an diese Oeffnung einen kleinen Cylinder, so wird die ausfließende Wassermenge etwas größer, und erreicht wohl $^4/_5$ der berechneten; fügt man an die Oeffnung einen kleinen zweckmäßig gestalteten Kegel, so beträgt die Ausflußmenge ungefähr $^9/_{10}$ der oben berechneten. Um also die aus einer Oeffnung ausfließende Wassermenge zu bestimmen, hat man die aus der Druckhöhe und der Oeffnung berechnete noch mit $^2/_3$ oder $^4/_5$ oder $^9/_{10}$ zu multipliciren, je nachdem die Oeffnung sich in einer dünnen Wand befindet, oder einen kleinen Cylinder oder Kegel bildet.

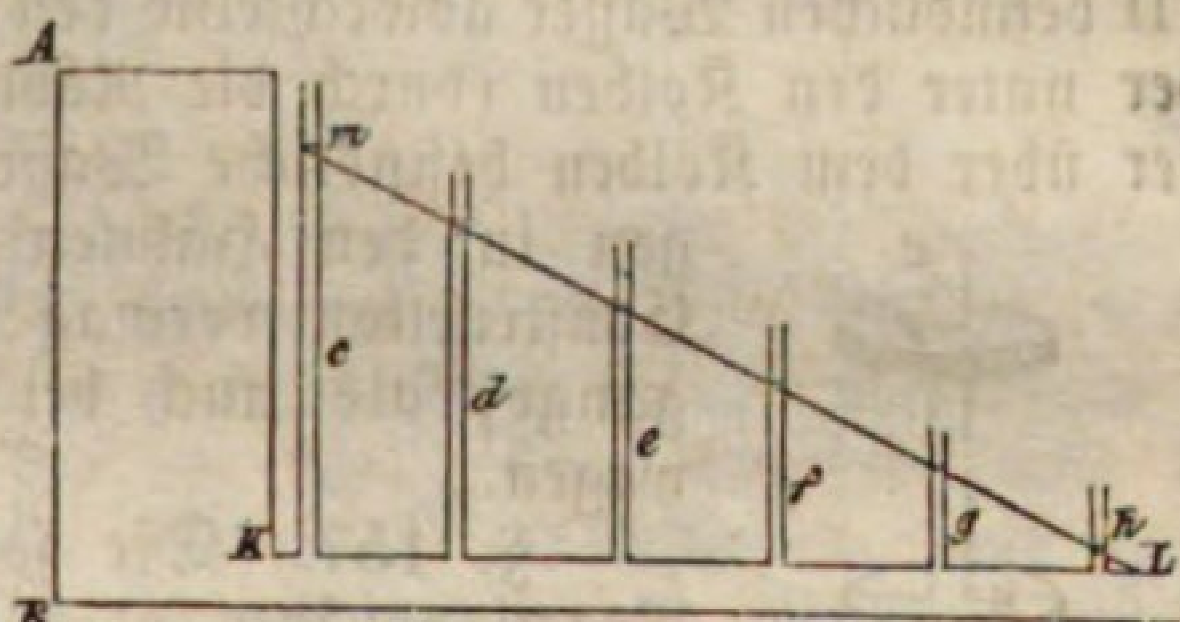
§. 154. Den Grund dieser Erscheinung findet man durch genaue Betrachtung des ausfließenden Wasserstrahles. Wenn man den aus einer in dünner Wand angebrachten Oeffnung austretenden Wasserstrahl genau untersucht, so findet man, daß er von der Oeffnung aus in seinem Querschnitte abnimmt, und daß diese Zusammenziehung des Wasserstrahles in einer Entfernung von der Oeffnung, die gleich dem Halbmesser derselben ist, ihr Maximum erreicht. Mißt man an dieser Stelle den Durchmesser des Wasserstrahles, so findet man ihn ungefähr $^4/_5$ von dem Durchmesser der Oeffnung, folglich ist der Querschnitt des Wasserstrahles an dieser dünnsten Stelle 0,66 oder $^2/_3$ der Größe der Oeffnung. Will man die aus der vorliegenden Oeffnung a ausströmende Wassermenge berechnen, so hat man folglich nicht die Größe von a als Basis des ausfließenden Wassercylinders zu nehmen, sondern nur $^2/_3$ a, weil ja alles Wasser durch diese zusammengezogene Stelle hindurchgehen muß. Aehnlich verhält es sich mit den cylindrischen und konischen Ansatzröhren.

Der Mangel an Uebereinstimmung zwischen den nach der Formel $M = at\sqrt{2gs}$ berechneten Werthen von M mit den durch den Versuch erhaltenen, ist, wie man sieht, nicht entstanden durch einen Fehler in der Rechnung, sondern durch die Zusammenziehung des Wasserstrahles; sobald man die Oeffnung auf die Größe des zusammengezogenen Wasserstrahles reducirt, stimmen Berechnung und Versuch zusammen. Der Grund dieser Zusammenziehung des Strahles liegt aber darin, daß beim Einströmen des Wassers in die Oeffnung die zur Seite liegenden Theilchen gegen die zur Oeffnung austretenden andrängen und deren Richtung etwas abändern. Durch ein cylindrisches und noch mehr durch ein konisches Ansatzrohr wird dieses Zuströmen der zur Seite liegenden Theilchen zum Theil vermieden, und deßhalb die Zusammenziehung des Strahles unbedeutender, also die Ausflußmenge größer. Gibt man der kleinen Ansatzröhre genau die Form, welche der zusammengezogene Strahl annimmt, wenn er aus einer Oeffnung in dünner Wand austritt, so fließt durch solche Oeffnung in der That fast die ganze theoretisch berechnete Wassermenge aus. — Es bedarf wohl keiner

Erinnerung, daß bei konischen und ähnlichen Ansatzröhren stets die kleinere vordere Fläche als Oeffnung zu nehmen ist.

§. 155. Bei der Bewegung des Wassers in Röhren entsteht zwischen dem fließenden Wasser und den Wänden eine Reibung, welche die Geschwindigkeit verringert. Setzt man an eine Oeffnung z. B. eine lange cylindrische Röhre an, so wird bei gleicher Druckhöhe die aus derselben ausfließende Wassermenge bedeutend geringer sein, als die aus einer vielleicht nur 1 Zoll langen cylindrischen Ansatzröhre von gleicher Weite ausfließende. Der Widerstand, den die Flüssigkeit bei der Fortbewegung in cylindrischen Röhren erleidet, nimmt zu mit ihrer Länge und mit der Verringerung ihres Durchmessers; er vermehrt sich aber auch bedeutend, wenn die Geschwindigkeit des fließenden Wassers größer wird.

Da das Wasser in den dem Gefäße näher liegenden Theilen der Röhre schneller fließen will, als es vorn zur Oeffnung austreten kann, so erleiden diese Theile der Röhre einen Druck auf ihre Seitenwände. Macht man Oeffnungen in die Röhrenwand, und befestigt darauf Glasröhren, so steigt durch den Seitendruck das Wasser in ihnen in die Höhe, und die Höhe der emporgehobenen Wassersäule ist ein genaues Maaß für den an dieser Stelle stattfindenden Seitendruck. Da dieser Seitendruck durch den Widerstand erzeugt wird, der sich zwischen der betrachteten Stelle und der Ausflußöffnung befindet, und dieser Widerstand bei gleich bleibender Weite der Röhre der Länge derselben proportional ist, so muß auch der Seitendruck von der Ausflußöffnung an proportional der Röhrenlänge wachsen. Hat man daher in verschiedenen Entfernungen Oeffnungen in die Seitenwand gemacht, und mehrere Glasröhren als Druckmesser aufgesetzt, so muß die Linie, welche die Wasserspiegel in diesen Röhren mit einander verbindet, eine gerade Linie sein. Ist A B, Fig. 94, das mit Wasser stets bis zum Rande angefüllte Gefäß, und bedeuten c d e f g h die an der Ausflußröhre K L angebrachten Seitendruckmesser, so steht in diesen das Wasser bis zu den von der Linie m h getroffenen Punkten. Wegen der Zusammenziehung des Strahles beim Einfließen in die Oeffnung k, muß das Niveau A im Ausflußgefäße höher sein, als der Punkt m.

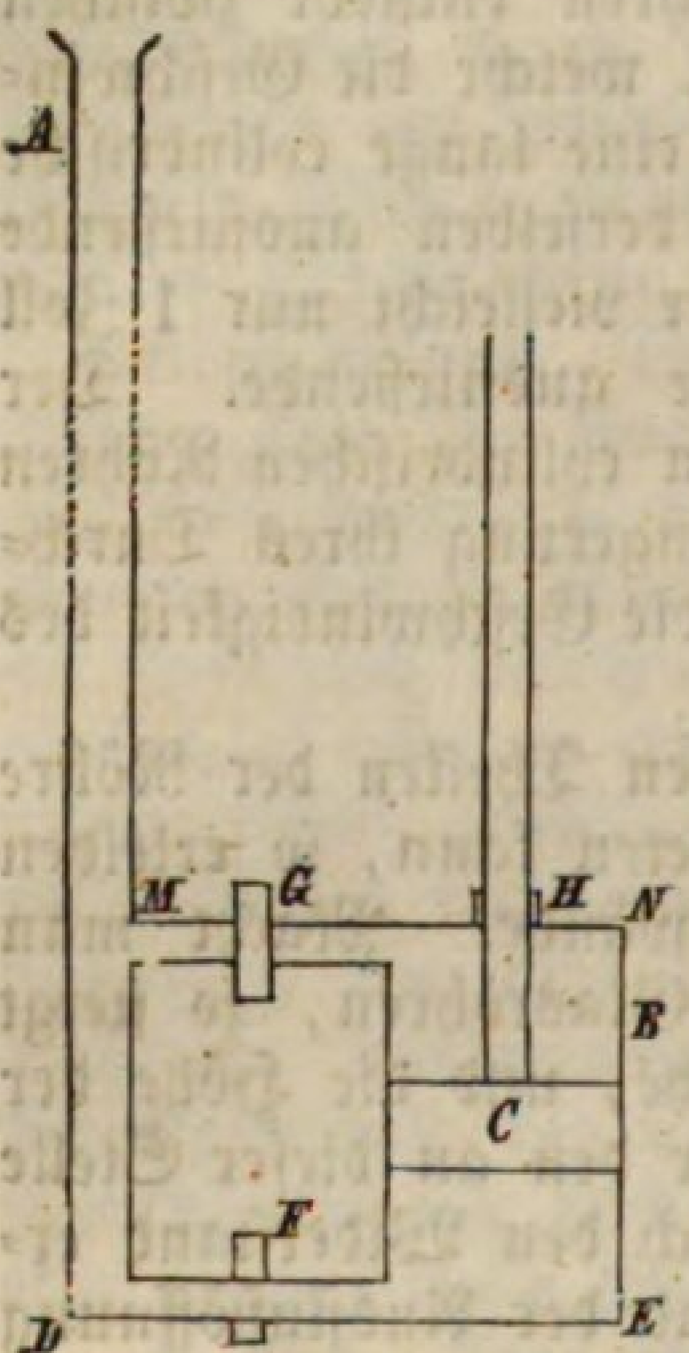


Figur 94.

§. 156. Das Wasser wird auf zweierlei Weise als bewegende Kraft angewendet; man benutzt entweder seinen Druck oder seinen Stoß gegen eine Fläche. Der gegen eine Fläche ausgeübte Stoß hängt aber von der Geschwindigkeit, und diese wieder von der Druckhöhe ab; man kann also überhaupt ohne eine Höhe, von welcher das Wasser herabsinkt, keine Bewegung erzeugen. Diese Höhe, um welche das Wasser fällt, heißt das Gefälle. Das Herabsinken des Wassers, oder die Benutzung des Gefälles, kann entweder in der Maschine selbst oder auch vorher in Röhren oder Gerinnen geschehen.

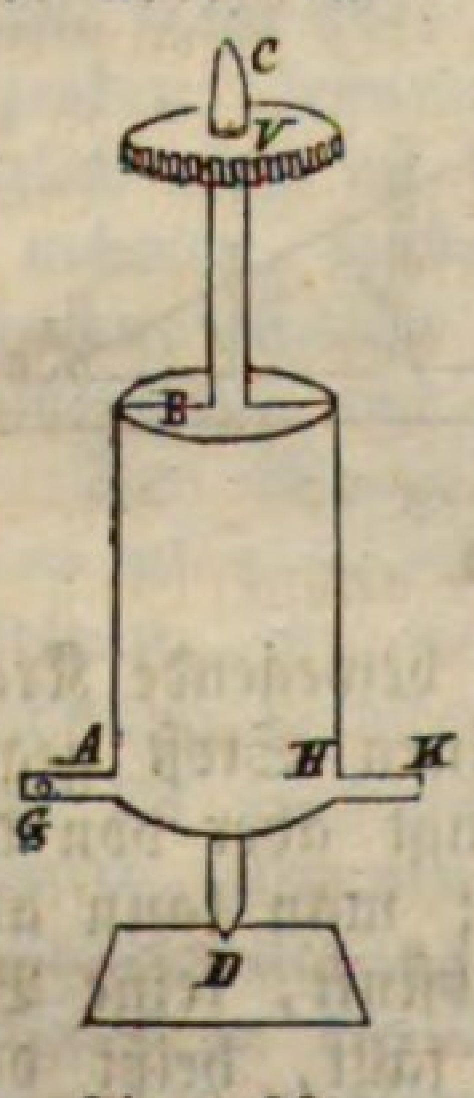
Der Druck des Wassers allein wirkt in den sogenannten Wassersäulenmaschinen und den horizontalen Wasserrädern (Turbinen, Reactionsrädern), der Druck und die Geschwindigkeit des Wassers dagegen in den gewöhnlichen vertikalen Wasserrädern. Es kann hier nur so viel von ihnen mitgetheilt werden, als zum Verständniß der dabei wirkenden Kräfte nothwendig ist.

Construirt man zwei communicirende Röhren, ADEB, deren eine AD, Fig. 95, lang und enge, die zweite BE aber kurz und weit ist, und verschließt die Oeffnung der weiten Röhre durch einen beweglichen Stempel C, so wird, wenn AD, DE und CE mit Wasser gefüllt sind, der Stempel C mit einer Kraft gehoben, welche gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, deren Grundfläche gleich der Fläche des Stempels C, und deren Höhe gleich dem Unterschiede der Wasserstände in A und B ist. Sperrt man mittelst des Hahnes F den Zufluß des Wassers in der Röhre DE ab, und giebt dem unter dem Kolben C befindlichen Wasser Gelegenheit, durch eine Oeffnung in dem ähnlich wie bei der Luftpumpe (§. 86) zweifach durchbohrten Hahne F nach außen abzufließen, so wird der Kolben C durch sein Gewicht niedersinken. Wird durch Drehung des Hahnes F die letztere Oeffnung wieder verschlossen, und dem in der Röhre AD befindlichen Wasser der Eintritt unter dem Kolben durch die Röhre DE gestattet, so steigt der Kolben mit der vorhin erwähnten Kraft von Neuem u. s. f. Bei der bis jetzt angegebenen Einrichtung vermag der Kolben nur beim Aufsteigen eine Last zu bewegen. — Verlängert man jedoch den Pumpenstiefel B oberhalb des Kolbens bis N, schließt diese Verlängerung, und läßt die Kolbenstange wasserdicht durch die Stopfbüchse H hindurchgehen, so kann man durch Regulirung der zweckmäßig angebrachten Hähne F und G (oder Ventile) dem in AD befindlichen Wasser abwechselnd den Eintritt über (durch die Röhre MN) oder unter den Kolben (durch die Röhre DE) gestatten, während das unter oder über dem Kolben befindliche Wasser ebenfalls durch besondere Oeffnungen in den Hähnen freien Ausfluß erhält. Bei dieser Construction vermag der Kolben sowohl bei seinem Aufgange, als auch bei seinem Niedergange eine Last zu bewegen.

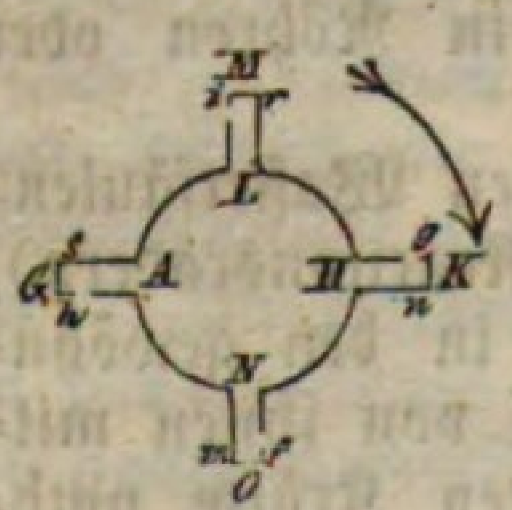


Figur 95.

§. 157. Die sogenannten horizontalen Wasserräder, Reactionsräder oder Turbinen erhalten ihre Bewegung durch den Seitendruck des Wassers. Man erkennt dieß am leichtesten durch eine einfache, von Segner zuerst construirte kleine Vorrichtung (Segner'sches Wasserrad), Fig. 96 und 97, das für die übrigen als Ausgangspunkt gedient hat. Man macht ein cylinderförmiges, oben offenes Gefäß AB um eine vertikale Achse CD drehbar. Das Gefäß AB besitzt unten mehrere kleine hervorspringende Röhren, z. B. wie an Fig. 96 AG und HK, oder wie in Fig. 97 AG, HK, LM, NO, welche einen Durchschnitt durch diese vorstellt. Jede dieser kleinen Röhren hat nun auf einer Seite, wo die Buchstaben f, g, h, i stehen, eine kleine Oeffnung.



Figur 96.

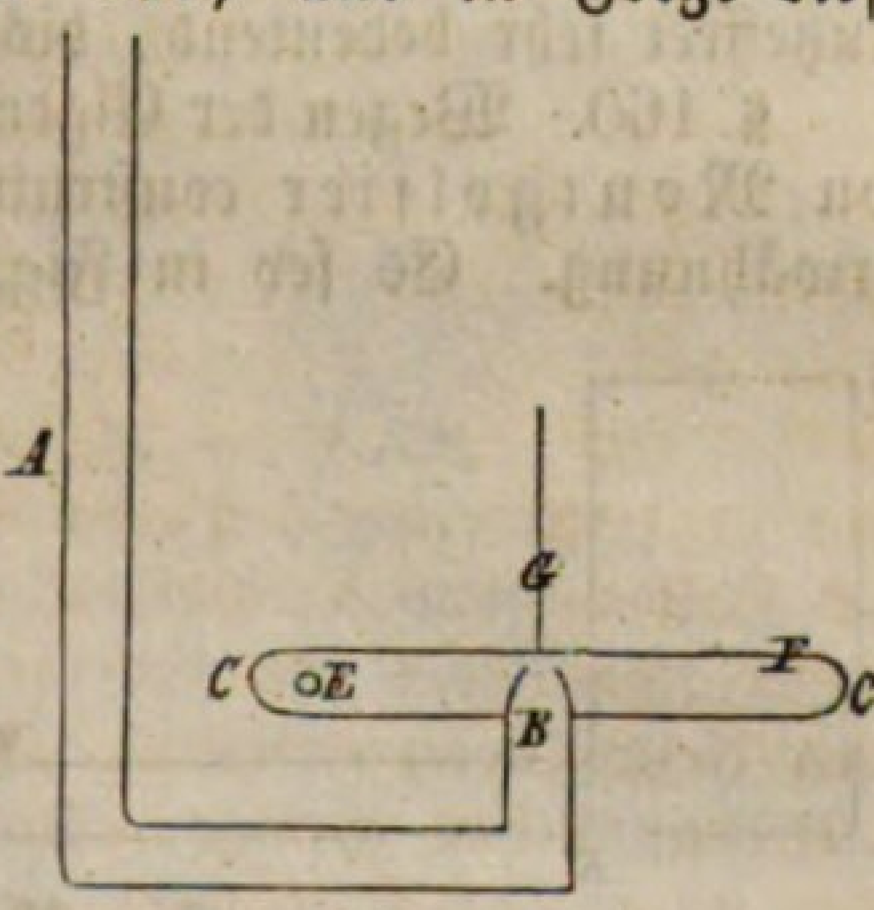


Figur 97.

Verschließt man, nachdem das Gefäß mit Wasser angefüllt ist, sämmtliche Oeffnungen für einen Augenblick, so erleidet (§. 51) jede Stelle der Röhren einen Druck, der von der Höhe des Wasserstandes abhängt. Es werden folglich die verstopften Oeffnungen, aber auch eben so die

ihnen gegenüberliegenden Theile m, n, r, s, mit gleicher Stärke gedrückt, und diese entgegengesetzten Kräfte heben sich auf. Sobald aber die Oeffnungen f, g, h, i wieder frei gelassen werden, und das Wasser freien Ausfluß erhält, so verschwindet der Druck auf diese Stellen der Röhren, und bleibt nur noch auf den gegenüberliegenden m, n, r, s übrig. Da alle Oeffnungen in demselben Sinne angebracht sind, so wirken auch die auf die gegenüberliegenden Stellen der Röhren übrig bleibenden Druckkräfte vereint, und drehen den ganzen Apparat in der Richtung des Pfeiles herum. Die Kraft, welche den Apparat um seine Achse dreht, wird um so stärker, je größer der Druck, und je größer die Fläche aller Oeffnungen zusammengenommen ist. Bringt man an der Axe CD oben ein Zahnrad oder eine Riemenscheibe v an, so kann mittelst des Eingreifens in dieses Zahnrad eine andere Maschine durch die Umdrehung in Bewegung gesetzt werden.

§. 158. Bei der jetzt beschriebenen Vorrichtung hat aber die Axe CD die ganze in dem Cylinder AB befindliche Wassermasse zu tragen; dadurch entsteht eine sehr bedeutende Reibung an der Axe, und in Folge dieser Kraftverlust. Um dieses zu vermeiden, läßt man das Wasser aus einer Druckröhre A, Fig. 98, die unten gekrümmt ist, in das um den hohlen Zapfen B sehr leicht drehbare Gefäß CC′ einströmen. Indem es zu den Oeffnungen E (auf der Vorderseite) und F (auf der Rückseite) ausfließt, setzt es das Gefäß CC′ in eine Umdrehung nach rechts. Bei dieser Vorrichtung ist die Reibung sehr gering; das Gefäß E wird durch den Druck des Wassers in die Höhe gehoben, und dadurch sein Gewicht verringert. Es kann sogar ein Druck durch den Stab G von oben nach unten erforderlich werden.



Figur 98.

Eine etwas andere Construction dieser Räder zeigen die sogenannten Fourneyron'schen Kreiselräder. Bei ihnen läßt man das Wasser in ein Gefäß einströmen, dessen Boden um eine durch seine Mitte vertikal in die Höhe steigende Axe beweglich ist. An der Seite des Gefäßes nahe am Boden sind Oeffnungen, durch welche das Wasser ausfließen, und gegen Schaufeln, welche mit dem drehbaren Boden zusammen hängen, drücken kann. Diese Schaufeln werden durch den Druck des Wassers zurückgestoßen, und setzen den Boden und die ganze mit seiner Axe zusammenhängende Maschine in Bewegung. Durch zweckmäßig gekrümmte Blechstreifen wird das ausströmende Wasser senkrecht gegen die Schaufel geleitet, um seinen ganzen Druck gegen dieselben auszuüben.

§. 159. Bei den oberschlächtigen Wasserrädern wirkt das Wasser erstens in Folge einer gewissen Geschwindigkeit, die es theils durch die Druckhöhe des hinter dem Schutz aufgestauten Wassers, theils durch das Herabfallen aus dem Gerinne auf die Schaufeln des Rades erlangt, durch seinen Stoß, und zweitens durch den Druck, den es auf die eine Seite des Rades vermöge seines Gewichtes ausübt. Indem man den Schaufeln eine passende gekrümmte oder gekröpfte Form gibt, kann man das Wasser länger im Rade erhalten, so daß es erst in der Nähe des tiefsten Punktes wieder ausgeschüttet wird. — Bei den unterschlächtigen Rädern wirkt das Wasser durch seine Geschwindigkeit, die es durch die Druckhöhe (wenn eine solche vorhanden ist) und durch den Fall auf die geneigte Ebene des Gerinnes erhält.

Das Maximum von Effect, das man in allen angegebenen Fällen erreichen kann, ist das Product aus der Wassermasse in das Gefälle (in den Raum, durch welchen dieselbe herabsinkt). Fließt in einer Secunde die Wassermasse M von der Höhe h herab, so ist Mh die aufgewandte Kraft, und diese kann also höchstens als Nutzeffect wieder gewonnen werden. Es dienen überhaupt alle Maschinen nur dazu, die Richtung und Geschwindigkeit einer Kraft den Umständen anzupassen, niemals aber wird durch sie Kraft gewonnen. Keine einzige der so eben angegebenen Wassermaschinen liefert das Maximum des Effects Mh, weil bei allen Reibung und andere kleine Widerstände hinderlich sind. Die Fourneyron'schen Kreiselräder sollen $^3/_4$ des erwähnten Maximums geben ($^3/_4$ M h). Für die gewöhnlichen unter- und oberschlächtigen Wasserräder läßt sich selbst theoretisch nur ein Effect berechnen, welcher die Hälfte jenes Maximums beträgt ($^1/_2$ M h); die besten nach der gewöhnlichen Weise construirten Räder geben aber nur ungefähr $^1/_3$ dieses Maximums als nutzbaren Effect. Durch eine besondere Krümmung der Schaufeln des unterschlächtigen Rades hat Poncelet diesen Nutzeffect sehr bedeutend, bis zu $^3/_4$ des angegebenen Maximums erhöht.

§. 160. Wegen der Eigenthümlichkeit des Princips verdient auch noch der von Montgolfier construirte sogenannte hydraulische Widder einer kurzen Erwähnung. Es sey in Fig. 99 A B C eine Röhre, welche mit einem in der Höhe von A gelegenen Wasserreservoir zusammenhängt. Das in ABC fließende Wasser findet seinen Ausweg durch das Ventil D, dessen specifisches Gewicht zwei Mal so groß, als das specifische Gewicht des Wassers ist.

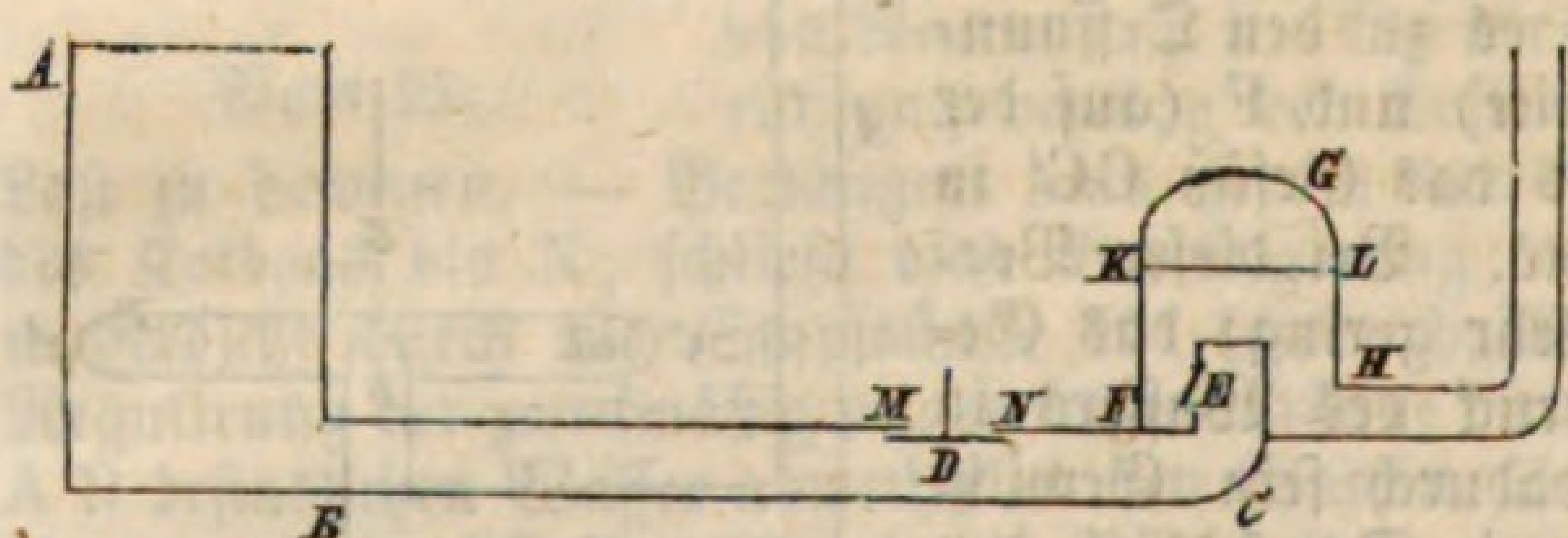


Fig. 99.

Durch das Ausfließen erlangt das Wasser eine gewisse Geschwindigkeit, hebt dadurch das Ventil D, und verschließt die Oeffnung M N gänzlich. Das in Bewegung befindliche Wasser strebt nun, mit der erlangten Geschwindigkeit vorwärts zu gehen, übt also seitwärts einen Druck auf die Wände aus, und stößt nach vorwärts das Ventil E auf; ein Theil des Wassers gelangt dadurch in den kugelförmigen Theil F G. Sobald die Geschwindigkeit des Wassers durch den Stoß vernichtet ist, schließt sich das Ventil E, während sich das Ventil D wieder öffnet; das Wasser fließt von Neuem u. s. f. Bei jedem Stoße gelangt eine neue Quantität Wasser in den kugelförmigen Raum F G. Der Raum in F G oberhalb des Wassers K L enthält Luft (bildet einen Heronsball); diese durch das eingetretene Wasser comprimirte Luft treibt das Wasser in gleichmäßigem Strahle zu der Druckröhre H heraus. Es wird mit Hilfe dieser Vorrichtung das Wasser auf eine viel größere Höhe gehoben, als es fällt; dieß geschieht durch den Stoß, welchen eine in Bewegung befindliche Wassersäule nach vorwärts ausübt, wenn sie plötzlich aufgehalten wird. (Jeder in Bewegung befindliche Körper besitzt eine Kraft, die er wieder äußert, sobald er zur Ruhe kommen oder nur langsamer gehen soll. Ein sich bewegendes Schwungrad enthält eine gewisse Kraft gewissermaßen gebunden; so lange es sich gleichmäßig bewegt, wird dieß Quantum nicht geändert; sobald es sich schneller bewegen soll, so nimmt es einen neuen Theil der Kraft in sich auf. Soll es dagegen sich langsamer bewegen oder ganz zur Ruhe kommen, so muß es die aufgenommene Kraft erst wieder abgeben. Wird bei einer Dampfmaschine der Dampf gehindert, in den

Cylinder zu treten (abgesperrt), so treibt bekanntlich das Schwungrad die Maschine noch eine Zeit lang fort.

§. 161. Eine genauere Erläuterung erfordern auch noch diejenigen Bewegungen der Wassertheilchen, welche als Wellen im Allgemeinen bekannt sind. Wenn auf das Wasser ein Stoß erfolgt, so sieht man auf der Oberfläche desselben regelmäßige Erhöhungen und Vertiefungen sich bilden. Die Erhöhungen der Flüssigkeit über ihr ursprüngliches Niveau nennt man Wellenberge, die Vertiefungen Wellenthäler. Denkt man sich durch die Oberfläche des Wassers einen senkrechten Durchschnitt, so erscheint derselbe wie in ABCDE, Fig. 100, während die gerade Linie ACE den Durchschnitt der ruhigen horizontalen Oberfläche bedeutet. ABC ist in Fig. 100 der Durchschnitt durch den Wellenberg, und CDE durch das Wellenthal. Den Perpendikel BF vom höchsten Punkte des Berges auf das ursprüngliche Niveau nennt man die Höhe des Wellenberges, und den Perpendikel DG vom tiefsten Punkte des Berges auf dasselbe Niveau die Tiefe des Thales. AC ist die Breite des Wellenberges, CE des Wellenthales, AE der ganzen Welle.

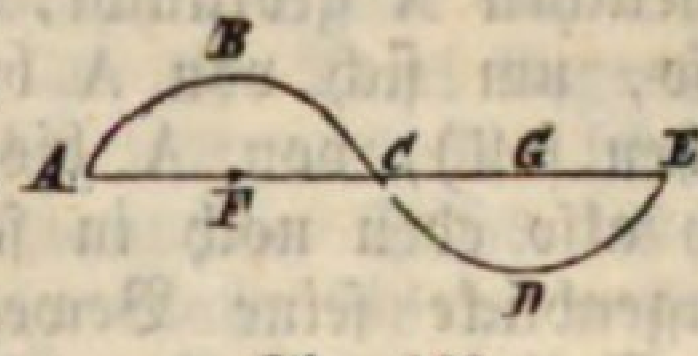
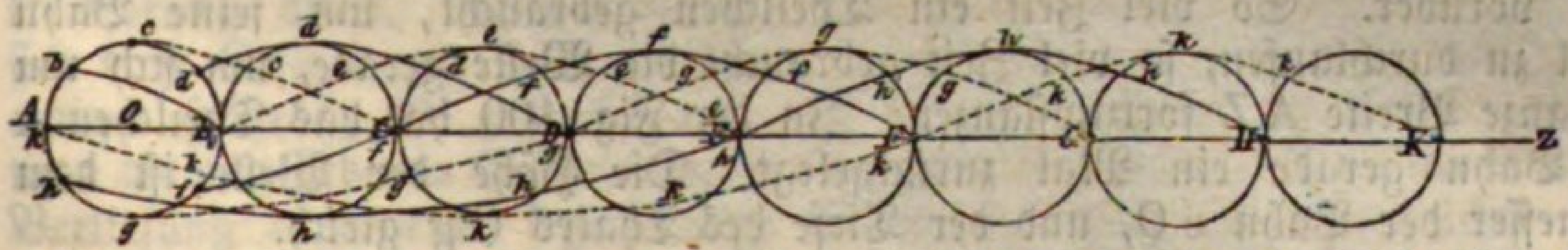


Fig. 100.

Die Wellenbewegung ist keine die Wassertheilchen in ihrer ganzen Ausdehnung fortschiebende Bewegung, die Wassertheilchen bewegen sich nicht durch die Flüssigkeit hindurch, so weit die Wellen gehen, sondern jedes einzelne Flüssigkeitstheilchen beschreibt eine nur sehr kleine Bahn, und kehrt nach Vollendung derselben mehr oder weniger auf seinen ursprünglichen Platz zurück. Wenn die kleinen Bahnen der Flüssigkeitstheilchen geschlossene krumme Linien wären, so würden die Theilchen genau wieder auf ihren ursprünglichen Platz zurückkehren. Die Bahnen, welche die in verschiedener Tiefe sich befindenden Theilchen beschreiben, sind nicht gleich; die an der Oberfläche befindlichen beschreiben anscheinend Ellipsen, deren große Axe horizontal liegt, während die kleine Axe vertikal steht; je tiefer nun die Theilchen unter der Oberfläche liegen, desto kleiner werden diese Bahnen, und namentlich nehmen die vertikalen Durchmesser schneller ab, als die horizontalen, so daß in einer gewissen Tiefe die einzelnen Theilchen der Flüssigkeit nur eine Bewegung in einer horizontalen Linie besitzen. Der Einfluß des Bodens der Gefäße, worin man die Versuche macht, ist ebenfalls von Einfluß auf die Form der Bahnen, und vielleicht sind bei unendlicher Tiefe der Flüssigkeiten die Bahnen der einzelnen Theilchen selbst Kreise.

§. 162. Um nun zu zeigen, wie durch solche kleine Bahnen der einzelnen Wassertheilchen Wellenberge und Wellenthäler entstehen, mögen die Bahnen, der Einfachheit der Zeichnung wegen, als Kreise dargestellt werden. Man wird bald bemerken, daß das Folgende auch von jeder elliptischen Bahn gilt. Es stelle AZ, Fig. 101, die Oberfläche der ruhigen Flüssigkeit dar, und


Fig. 101.

links von A seien Wellen erregt, deren erste eben jetzt bei A eintrifft. Dadurch erhält das Wassertheilchen A einen Stoß, und eine Anregung, in Folge deren es den kleinen Kreis AcBg beschreiben will. Es kann bei Wellenbewegungen das Wellenthal oder auch der Wellenberg vorangehen; dieß hängt von der Art und Weise ab, welche die Wellen erzeugt. Wenn der Wellenberg vorangeht, so wird sich das Theilchen A über das Niveau erheben,

zuerst also den obern Halbkreis seiner Bahn durchlaufen, und wenn es nach B gelangt ist, in den untern eintreten, um die Entstehung des dem Wellenberge nachfolgenden Wellenthales zu veranlassen. Geht dagegen das Wellenthal voran, so beschreibt das Theilchen seine Bahn gerade in der entgegengesetzten Richtung, indem es zuerst den untern Halbkreis beschreibt, nach B gelangt, und durch den obern wieder nach A zurückkehrt.

Während der Zeit, daß das Theilchen A seine Bahn zurücklegt, pflanzt sich der Stoß, welchen dieses Theilchen erlitten hatte, weiter hin nach Z fort. Gesetzt, es pflanze sich dieser erste Stoß in derjenigen Zeit, welche das Theilchen A gebraucht, um den achten Theil seiner Bahn zu durchlaufen, also, um sich von A bis nach b zu erheben (wenn der Wellenberg vorangehen soll), von A bis zum Theilchen B fort. Das Theilchen B befindet sich also eben noch in seiner ruhigen Lage und wird erst in dem nächsten Augenblicke seine Bewegung beginnen. Die zwischen A und B liegenden Wassertheilchen haben den ersten Antrieb zur Bewegung später als A, aber früher als B erhalten, und werden folglich in ihren Bahnen eine um so größere Strecke zurückgelegt haben, je näher sie sich an A befinden. In dem Zeitpunkte, in welchem der erste Stoß bis nach B gelangt ist, wird daher die Oberfläche des Wassers zwischen A und B die durch die Linie B b angedeutete Form haben. — In derselben Zeit, in welcher B ein Achtel seiner Bahn zurücklegt, also sich bis c erhebt, wird A das zweite Achtel, also zusammen den vierten Theil seiner Bahn (bis c) vollendet haben; zugleich ist der Stoß von B um die Breite B C (so groß wie A B) fortgeschritten; in diesem Zeitpunkte hat daher die Oberfläche des Wassers zwischen A und C die Form C c c. Fährt man so fort, den Ort der einzelnen Wassertheilchen für die Zeitpunkte zu bestimmen, in denen jedes derselben ein neues Achtel seiner Bahn beschrieben, und der erste Stoß sich um eine Größe = A B = B C ꝛc. fortgepflanzt hat, so erhält die Oberfläche des Wassers, wenn der erste Stoß nach D gekommen ist, die Form D d d d, wenn er nach E gekommen ist, E e e e e, u. s. f. Hat ein Theilchen die obere Hälfte seiner Bahn vollendet, so beginnt es die untere, und damit die Bildung des Wellenthales. Wenn auch in Fig. 100 viele Linien in einander greifen, so wird es doch nicht schwer sein, bei genauer Betrachtung die zusammengehörigen zu erkennen, da jede Linie von Anfang bis zu Ende mit demselben Buchstaben bezeichnet ist; nur der Anfang derselben auf der Seite der Z trägt den entsprechenden großen Buchstaben. Der Deutlichkeit wegen sind überdieß die Wellenlinien abwechselnd ausgezogen und punktirt gezeichnet.

Betrachtet man die Figur genauer, so erkennt man recht deutlich, wie jeder einzelne Punkt der Oberfläche, nach und nach der höchste des Berges und dann auch wieder der tiefste des Thales wird. So oft nun ein Theilchen seine Bahn durchläuft, so viel Wellenberge und Thäler gehen an der Stelle vorüber. So viel Zeit ein Theilchen gebraucht, um seine Bahn einmal zu durchlaufen, so viel Zeit gebraucht die Welle gerade, um sich um ihre ganze Breite A Z fortzupflanzen. In der Fig. 100 hat das Theilchen A seine Bahn gerade ein Mal zurückgelegt. Die Höhe der Welle ist dem Halbmesser der Bahn c O, und der Tiefe des Thales O g gleich.

§. 163. Um die Vorgänge bei der Erzeugung und Fortpflanzung der Wellen genauer zu untersuchen, bedienten sich E. H. Weber und W. Weber eines schmalen, aber mehrere Fuß langen, aus Glasplatten gebildeten Gefäßes (Wellenrinne genannt), das sie mit Wasser, Weingeist, Quecksilber mehr oder weniger anfüllten. Um das Vordertheil eines Wellenberges sich abbilden zu lassen, hält man eine etwas bestäubte Schiefertafel (oder matte

Glastafel) an die Seite des Gefäßes, erregt an dem einen Endpunkte desselben eine Welle, deren Berg vorangeht, und zieht die Tafel, während dieser Berg an ihr vorübergeht, heraus. So weit das Wasser in dem Wellenberge gestiegen ist, so weit ist von der Tafel der Staub hinweggewischt. Auf gleiche Weise läßt sich das Hintertheil des Wellenthales abbilden, indem man die Tafel an einer Stelle eintaucht, an welcher das Wellenthal so eben vorübergeht, und schnell wieder herauszieht. Das Hintertheil des Berges, und das Vordertheil des Thales lassen sich auf diese Weise nicht genau darstellen.

Läßt man die Schiefertafel in der Wellenrinne stehen, während eine ganze Welle vorübergeht, so findet man, daß die benetzte Stelle der Tafel durch eine gerade Linie begrenzt wird. Da jedes der an der Tafel liegenden Wassertheilchen bei dem Fortschreiten der Wellen nach und nach der höchste (und tiefste) Punkt der Welle wird, so muß der Staub der Tafel bis zu diesem Punkte abgewaschen werden; hat man diejenige Linie, bis zu welcher die Tafel in die ruhige Flüssigkeit eintauchte, mit einer Stahlspitze fest auf der Tafel eingegraben, so gibt die Entfernung zwischen dieser letztern und der Grenzlinie des trockenen und benetzten Theiles der Tafel genau die Höhe des Wellenberges.

Füllt man die Wellenrinne mit einem etwas trüblichen Wasser, und stellt sie gegen ein helles Fenster, so kann man, wenn an dem einen Ende Wellen erregt werden, an der Bewegung der in dem Wasser schwimmenden kleinen Theilchen die Bewegungen der Wassertheilchen in verschiedenen Tiefen der Flüssigkeit beobachten und messen. Man vermag auf diese Weise auch den Einfluß des Bodens des Gefäßes zu bestimmen, indem man die Wellenrinne bei verschiedenen Versuchen bis zu verschiedener Höhe mit Wasser füllt. Eben so läßt sich mittelst der Wellenrinne der Einfluß ausmitteln, den die Stärke des auf die Flüssigkeit ausgeübten Stoßes zeigt. Man füllt zu diesem Behufe eine an dem einen Ende der Wellenrinne in die Flüssigkeit eingetauchte offene Glasröhre bis zu einer bestimmten Höhe durch Ansaugen mit Wasser, und läßt dann plötzlich, indem man das obere Ende öffnet, die gehobene Wassersäule sinken; je höher diese ist, desto stärker wird der Stoß.

Um Wellen zu erzeugen, bei denen das Thal vorangeht, darf man nur in der so eben erwähnten Glasröhre das Wasser plötzlich aufsaugen und dann festhalten.

§. 164. Wenn man einen Stein in's Wasser wirft, so entsteht nicht eine einzige Welle, sondern eine große Anzahl. Beobachtet man genau die dabei stattfindenden Erscheinungen, so bemerkt man, daß sich um die getroffene Stelle das Wasser als ein kreisförmiger Wall erhebt, der sich später zum Theil weiter nach außen hin als Wellenberg verbreitet, aber zum Theil auch nach dem Mittelpunkte zurückgeht und an der Stelle der vorigen Vertiefung eine kegelförmige Erhöhung erzeugt, welche höher ist, als der kreisförmige Wall. Diese Erhöhung sinkt dann wieder ein, und so wiederholt sich diese Erscheinung mehrere Male. Läßt man einen Tropfen Wasser aus einiger Höhe (z. B. 1 Fuß) auf eine ruhige Wasserfläche fallen, so kann man die angegebenen Erscheinungen sehr gut beobachten; die an der Stelle der Vertiefung entstehende kegelförmige Erhöhung bildet sich mit solcher Kraft, daß an der Stelle, an welcher der hineinfallende Tropfen verschwand, ein anderer mehrere Linien in die Höhe springt.

So wie die Oscillationsbewegung an dem Punkte, wo ein Körper in das Wasser fiel, sich mehrere Male wiederholt, ebenso legt auch jedes Wassertheilchen seine Bahn in Folge des ersten Antriebes mehrere Male zurück; jede Welle erzeugt deßhalb an der Stelle, welche sie verlassen hat, noch drei

bis vier kleinere Wellen. Folgen mehrere Wellen auf einander, so werden die nachfolgenden durch den so eben beschriebenen Einfluß der vorhergehenden vergrößert.

Wenn Wellen fortschreiten, so werden sie unter allen Umständen auf Kosten ihrer Höhe breiter, selbst wenn sie in einem, von parallelen Wänden gebildeten Kanale sich bewegen, und ihre Länge also dieselbe bleibt. Kann die Länge der Welle sich auch vergrößern (wenn also die Wellen sich in der Mitte einer großen Oberfläche bilden), so geschieht dieß ebenfalls auf Kosten ihrer Höhe, die also in diesem Falle um so mehr abnimmt. Bewegen sich die Wellen in einem sich verengernden Kanale, so daß sie kürzer werden, so nimmt ihre Höhe durch die Verminderung der Länge etwas zu, aber durch die Zunahme der Breite wieder ab. Die Geschwindigkeit, mit welcher eine Welle sich fortbewegt, hängt von der Breite derselben und von der Zeit ab, in welcher die Wassertheilchen ein Mal ihre Bahn zurücklegen; in dieser Zeit schreitet dieselbe, wie schon oben erwähnt, gerade um ihre Breite vorwärts.

§. 165. Trifft eine kreisförmig sich ausbreitende Welle auf eine feste Ebene, so werden die Theile derselben unter denselben Winkeln wieder zurückgeworfen, unter denen sie auffallen. Eine kreisförmige Welle kann durch Zurückwerfung auf zweierlei Art wieder kreisförmig werden. Erstens nämlich, wenn man ein rundes Gefäß mit Wasser füllt und genau in den Mittelpunkt desselben einen Wassertropfen fallen läßt; jede erzeugte kreisförmige Welle erreicht zu gleicher Zeit die Wände (und zwar an jeder Stelle senkrecht), wird auch gleichzeitig (und in derselben Richtung) kreisförmig zurückgeworfen, und zieht sich als solche nach dem Mittelpunkte wieder zusammen. Zweitens, wenn man ein elliptisches Gefäß mit Wasser füllt, und durch Auffallen eines Wassertropfens in dem einen Brennpunkte Wellen erregt; die von diesem Brennpunkte ausgehenden kreisförmigen Wellen treffen zu verschiedener Zeit auf die Wände, werden aber so zurückgeworfen, daß sie zuletzt sich wieder als kreisförmige Wellen nach dem zweiten Brennpunkte zusammenziehen.

§. 166. Wenn mehrere Wellensysteme sich auf einer Flüssigkeit bewegen, so können Berge und Berge, oder Thäler und Thäler, oder Berge und Thäler zusammenfallen. Sind die Berge und Thäler genau gleich und fallen sie genau über einander (mit ihren beiden Endpunkten zusammen), so entsteht, wenn Berg und Berg zusammenfällt, ein Berg von doppelter Höhe, und wenn Thal mit Thal zusammenfällt, ein Thal von doppelter Tiefe; fällt dagegen ein Berg und Thal von genau gleicher Größe zusammen, so füllt der Berg das Thal aus, und die Flüssigkeit steht im frühern Niveau. Fällt Berg und Thal nicht genau zusammen, oder sind beide an Größe nicht gleich, so bleibt ein Berg oder ein Thal übrig, deren Höhe oder Tiefe gleich dem Unterschiede zwischen der Höhe des Berges und der Tiefe des Thales ist. Dieses Zusammentreffen verschiedener Wellen nennt man die Interferenz der Wellen; nach dem Zusammentreffen geht jede der Wellen in ihrer Richtung ohne merkliche Störung weiter.

Die bis jetzt betrachteten Wellen ändern ihren Ort, sie schreiten in der Flüssigkeit fort, indem die Theilchen derselben nur von einer Seite her einen Stoß erleiden, der sich nach der andern Seite hin fortpflanzt, und die einzelnen Theilchen nur nach einander in Bewegung gesetzt werden. Außer diesen fortschreitenden Wellen gibt es nun aber auch noch sogenannte stehende Wellen, die ihren Ort nicht verändern und bei denen alle Theilchen einer Welle gleichzeitig ihre Bewegung beginnen. Wo ein Berg A C B war (Fig. 102), sinkt die Flüssigkeit zurück in's Niveau

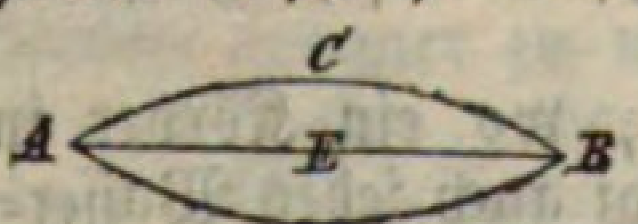


Fig. 102.

AB, und bildet dann an derselben Stelle das Thal ADB, das seinerseits auch wieder verschwindet; die Flüssigkeit kehrt wieder zum Niveau AB zurück, erzeugt einen neuen Berg, u. s. f. Ein bekanntes Beispiel für solche Wellen ist eine Saite, welche, an den Punkten A und B festgespannt, nach der einen Seite gezogen, und darauf frei gelassen wird; sie schwingt dann von einer Seite zur andern. Bei den Flüssigkeiten lassen sich solche stehende Wellen mittelst der Interferenz der fortschreitenden erzeugen.

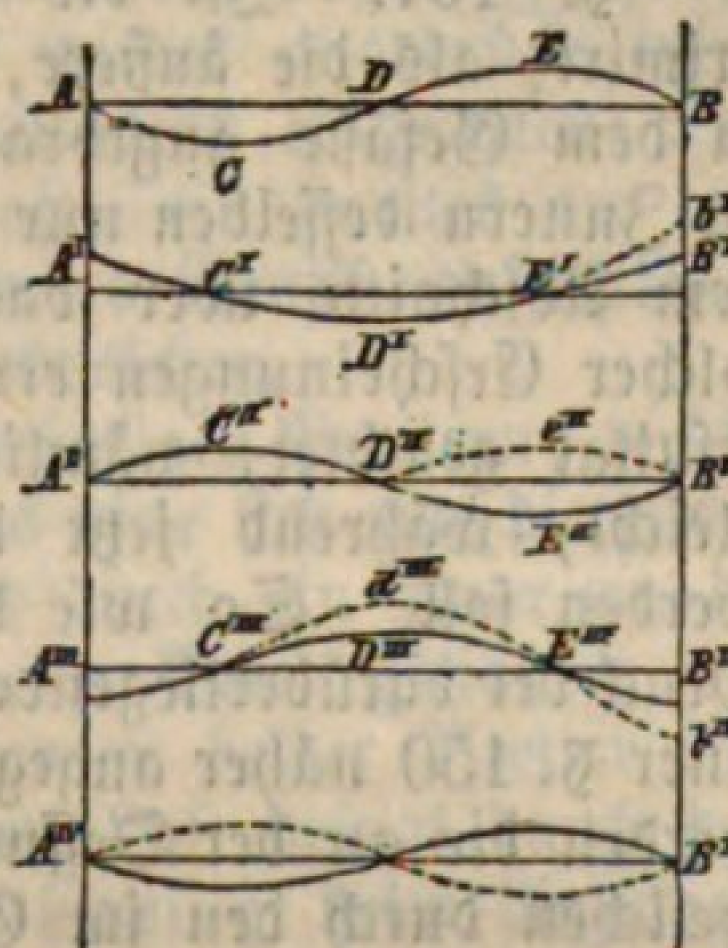


Fig. 103.

Es bedeute AB, Fig. 103, die ruhende Oberfläche einer Flüssigkeit, welche von A her in wellenförmige Bewegung gesetzt wird; die erste Welle möge gerade in diesem Augenblicke an die Wand B antreffen. Denkt man sich die ganze Welle in 4 Theile getheilt, und betrachtet man den Zustand der Oberfläche von Neuem, wenn die Welle um 1/4 ihrer Breite vorgeschritten ist; so trifft gerade die Spitze des Berges E an die Wand, und das Hintertheil des Berges und das ganze Thal sind so weit fortgerückt, als es die Figur $A^{I}B^{I}$ zeigt. (Von der Seite A her werden immer neue und gleiche Wellen in regelmäßigen Zwischenräumen erzeugt.) Das Vordertheil des ersten Wellenberges EB ist von der Wand B zurückgeworfen, und hat die Lage $b^{I}E^{I}$; es fällt also mit dem Hintertheile desselben Berges zusammen, und bildet einen Berg von doppelter Höhe. Läßt man die Welle wieder um 1/4 ihrer Breite vorrücken, so gelangt der Anfang des Wellenthales D bis nach der festen Wand B; es ist dann der ganze Wellenberg $B^{II}e^{II}D^{II}$ zurückgeworfen, und fällt genau über das Thal $D^{II}E^{II}B^{II}$ (Fig. $A^{II}B^{II}$); es ist folglich die Flüssigkeit von D^{II} bis B^{II} gänzlich in Ruhe. Schreiten die Wellen wieder um 1/4 ihrer Breite weiter, so haben die nach B hingehenden die mit Linien angegebene, die von B zurückgeworfenen nach A hingehenden dagegen die mit Punkten angegebene Lage in $A^{III}B^{III}$; es fallen von C^{III} bis E^{III} zwei Wellenberge zusammen, und von E^{III} bis B^{III} zwei Thäler; von C^{III} bis E^{III} entsteht also ein Berg von doppelter Höhe, von E^{III} bis B^{III} ein Thal von doppelter Tiefe. Nachdem die Welle wieder um 1/4 ihrer Breite vorgeschritten ist, hat die directe Welle die mit Linien angegebene, die zurückgeworfene dagegen die mit Punkten angegebene Lage in Fig. $A^{IV}B^{IV}$; man sieht, die ganze Oberfläche von A^{IV} bis B^{IV} ist horizontal, weil stets ein Wellenberg und Wellenthal sich decken.

Betrachtet man die in B befindlichen Wassertheilchen genauer, so sieht man, daß sie erst aufsteigen in b^{I}, dann wieder zurücksinken in B^{II}, noch tiefer in das Thal fallen in b^{III}, wieder zurücksteigen in B^{IV} u. s. w. Die Wassertheilchen in D verhalten sich eben so, nur machen sie gerade eine, dem Theilchen in B entgegengesetzte Bewegung. Dagegen sieht man die Theilchen in C und E, sobald sie von directen und zurückgeworfenen Wellen gleichzeitig getroffen werden, immer im Niveau bleiben in E^{I}, E^{II}, E^{III}, E^{IV}, C^{III}, C^{IV} u. s. f. Diese Punkte, an denen die Flüssigkeit stets im ursprünglichen Niveau bleibt, heißen Schwingungsknoten; auf der einen Seite bewegen sich die Wassertheilchen gleichzeitig aufwärts, auf der andern abwärts.

Treffen Wellen auf eine Oeffnung in einer Wand, so geht ein Theil der Welle durch die Oeffnung hindurch, während der übrige Theil zurückgeworfen wird. Zugleich biegen sich aber die durch die Oeffnung hindurchgegangenen Wellenstücke hinter den Rand der Oeffnung; man nennt diese Erscheinung die Beugung oder Inflexion der Wellen.

Achter Abschnitt.

Von der Bewegung der luftförmigen Körper.

§. 167. Ist die in einem Gefäße eingeschlossene Luft stärker comprimirt, als die äußere, das Gefäß umgebende, so wird die Luft durch eine in dem Gefäße angebrachte Oeffnung so lange entweichen, bis der Druck im Innern desselben nur ebenso stark ist, als der Druck von außen. Schon in dem Abschnitte über das Gleichgewicht der luftförmigen Körper sind viele solcher Erscheinungen erwähnt. Es wurde aber dabei nur auf das Endresultat geachtet, nämlich daß zuletzt sich der Druck auf beiden Seiten ausgleicht, während jetzt die Bewegung der Luft selbst in Betracht gezogen werden soll. So wie die an der Oeffnung befindlichen Wassertheilchen den Druck der darüberliegenden Wasserschichten erhalten, und in Folge dessen mit einer §. 150 näher angegebenen Geschwindigkeit die Oeffnung verlassen, ebenso werden die an der Oeffnung des mit Luft angefüllten Gefäßes liegenden Lufttheilchen durch den im Gefäße herrschenden Druck der Luft von innen nach außen gedrückt. Von außen tritt diesem Drucke aber meistens der Druck der ganzen Atmosphäre entgegen. Die Geschwindigkeit, mit welcher die in der Oeffnung befindlichen Lufttheilchen nach außen gestoßen werden, kann deßhalb nur von dem Unterschiede in den auf beiden Seiten stattfindenden Drucken herrühren. Denkt man sich diesen Unterschied, um welchen der innere Druck den äußern übertrifft, hervorgebracht durch das Gewicht einer Luftsäule, welche überall dieselbe Dichtigkeit besitzt, wie die stärker comprimirte Luft im Innern des Gefäßes, und bezeichnet die Höhe dieser überall gleich dichtern Luftsäule mit h, so kann man für die Ausflußgeschwindigkeit der Luft c eine ähnliche Formel aufstellen, als wie für die Ausflußgeschwindigkeit des Wassers, $c = \sqrt{2gh}$.

Aber auch hier bei dem Ausströmen der Luft trifft es sich wie beim Wasser, daß die mit dieser Geschwindigkeit für eine gegebene Zeit berechnete Ausflußmenge bedeutend die durch einen Versuch während derselben Zeit gefundene übertrifft. Es erleidet also auch hier der Luftstrahl bei seinem Ausströmen eine ähnliche Zusammenziehung, als der Wasserstrahl. Wird diese Zusammenziehung verringert, so muß die Ausflußmenge wachsen. Daher geben cylindrische und konische Ansatzröhren (§. 154) auch bei der Luft eine größere Ausflußmenge als Oeffnungen, welche in einer sehr dünnen Wand angebracht werden. Der Ausfluß-Coefficient m, womit also die nach der Formel $M = at\sqrt{2gh}$ (§. 153) berechnete Ausflußmenge M multiplicirt werden muß, um die wirklich durch eine Oeffnung von der Größe a in der Zeit t ausströmende Luftmenge M' zu erhalten, $M' = mM$, ist aber nicht bloß mit der Gestalt der Oeffnung, sondern auch mit der Größe des Druckes veränderlich.

Die Kenntniß dieses Coefficienten ist für die Praxis, namentlich für den Hüttenbetrieb, von großer Wichtigkeit, indem man dann gleich aus der Größe des Luftdruckes und aus der Weite der Oeffnung (Düse), durch welche die Gebläse die Luft in den Ofen treiben, die in einer gegebenen Zeit in den Feuerraum geblasene Luft berechnen kann.

§. 168. Die Vorrichtungen, um Luft in einen Feuerraum zu treiben, bestehen entweder wie in unseren Küchen aus einfachen, oder wie bei den Schmieden aus doppelten Blasebälgen, oder wie in den Hüttenwerken aus

Kasten- oder Cylindergebläsen; das Princip, worauf diese Vorrichtungen beruhen, ist ganz dasselbe, wie bei den Wasserpumpen. In jeder dieser Vorrichtung kann auf eine gleich nachher anzugebende Weise ein luftleerer Raum erzeugt werden. Deßhalb befindet sich in jeder stets ein nach innen sich öffnendes Ventil, welches die Luft von außen in den leeren Raum eintreten läßt; es besteht aus einem leichten hölzernen, mit Leder überzogenen Rahmen, der entweder durch sein Gewicht wieder niederfällt, und die Oeffnung schließt, oder durch eine schwache Feder gegen die letztere wieder angedrückt wird. Die in das Innere des Blasebalges oder Gebläse-Cylinders eingetretene Luft wird dann comprimirt, und erlangt dadurch die Kraft, ein zweites an dem Blasebalge befindliches, und sich nach außen öffnendes Ventil aufzustoßen, und in eine vor demselben angebrachte Röhre zu entweichen.

Der gewöhnliche Blasebalg besteht aus zwei dreieckigen Brettern, welche so durch Leder mit einander verbunden sind, daß das eine sich um die etwas abgestumpfte Spitze wie um ein Charnier dreht und durch ein Paar an der breiten Seite befindliche Handgriffe gegen das zweite Brett genähert und von ihm wieder entfernt werden kann. Beim Entfernen beider Bretter entsteht zwischen ihnen ein leerer Raum, und die äußere Luft dringt durch das erste Ventil, das sich in dem einen Brette befindet, hinein; beim Annähern der beiden Bretter entweicht die Luft wieder durch das zweite Ventil in die vorn angebrachte Röhre. Da ein solcher Blasebalg nur während des Zusammendrückens einen Luftstrom erzeugt, so wird er überall da unzureichend sein, wo es gerade auf einen gleichförmigen Luftstrom ankommt. Man verbindet deßhalb wohl zwei Blasebälge auf die Weise mit einander, daß der eine die Luft einsaugt, während sie der andere auspreßt. Aber auch dieß genügt noch nicht; man muß, um einen gleichmäßigen Strom zu erhalten, die Luft aus dem Blasebalge in einem größern Raume, dessen obere und untere Wand ebenfalls durch Leder gegen einander beweglich gemacht sind, sich ansammeln lassen.

Man gebraucht einen solchen Blasebalg häufig, um einen Luftstrom in die Flamme einer Spiritus- oder einer Oellampe zu blasen, wenn man längere Zeit hindurch eine gleichförmige starke Hitze erzeugen will (z. B. zum Glasblasen). Fig. 104 zeigt einen einfach, aber zweckmäßig eingerichteten Blasetisch. A ist der Blasebalg, dessen untere Wand durch die Stange L M mittelst des um B drehbaren Fußtrittes K L in die Höhe getrieben werden kann. Beim Niederfalle derselben saugt der Blasebalg A durch das Ventil C die Luft ein, und treibt sie beim Zusammenpressen durch das obere Ventil D in den über ihm befindlichen Raum D E, dessen Seitenwände ebenfalls aus Leder bestehen. Von dem Boden dieses Raumes C geht ein gebogenes Rohr E G aufwärts durch die Tischplatte (nach der Flamme der Lampe hin). Sobald man mit dem Fuße das Niedertreten des Blasebalges sehr schnell wiederholt, und mehr Luft

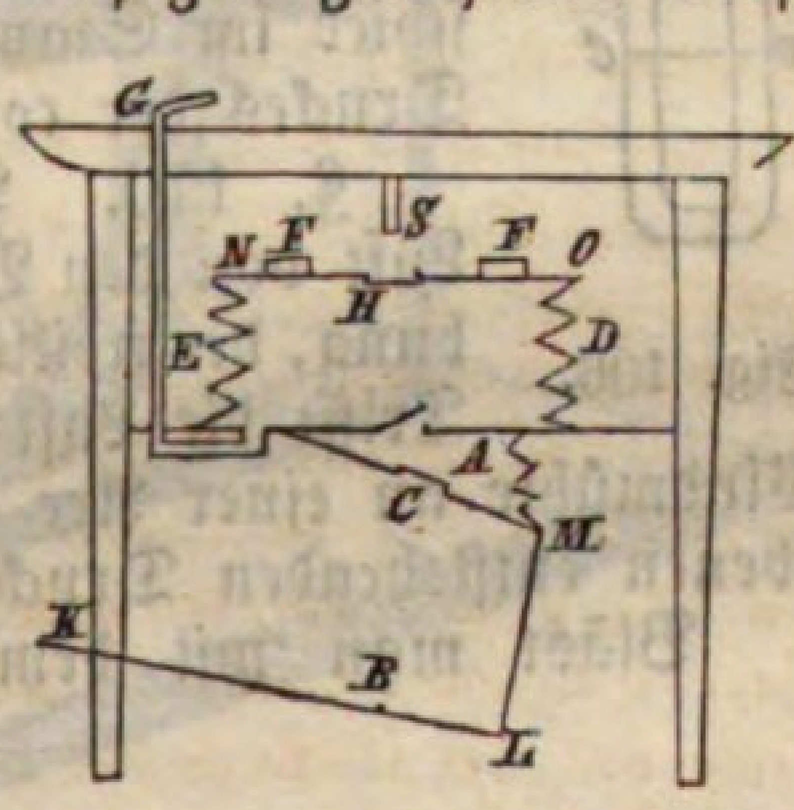


Fig. 104.

durch denselben in den Raum D E auspreßt, als man im Augenblicke gebraucht, so erweitert sich der obere, einem Blasebalge ähnliche Raum D E, und läßt durch die Röhre G die Luft mit gleicher Geschwindigkeit entweichen. Diese Geschwindigkeit hängt von dem Drucke ab, den man durch auf den obern beweglichen Deckel N O gelegte Gewichte F, F vergrößern und verkleinern kann. Um jedoch durch zu rasches Treten des Blasebalges den Raum E D nicht

übermäßig mit Luft füllen zu können, befindet sich in dem obern Deckel noch ein sich nach innen öffnendes Ventil H, das, wenn der Deckel schon sehr hoch gehoben ist, gegen einen an dem Tischblatte befestigten Stift S anstößt; es entweicht dann etwas Luft durch dieses Ventil.

§. 169. Die Kastengebläse bestehen aus einem viereckigen Kasten, der unten offen, und nur oben mit einem Deckel versehen ist. In diesem Deckel ist ein sich nach außen, also nach oben hin öffnendes Ventil angebracht. In dem Kasten wird durch die Wasser- oder Dampfkraft ein hölzerner viereckiger Stempel auf- und niedergetrieben; in ihm befindet sich das Ventil zum Einlassen der Luft. Diese Kastengebläse sind in neuerer Zeit fast überall durch die sogenannten Cylindergebläse ersetzt worden, welche unten und oben verschlossen, aus einem eisernen Cylinder A B, Fig. 105, bestehen, in welchem sich ein Stempel C luftdicht auf und ab bewegt. An der untern und obern Seite befinden sich zusammen vier Ventile: zwei F und E dienen für den Eintritt, und zwei D und G für den Austritt der Luft, die sich von beiden in das Rohr H H' (das nach dem Feuer hingeht) begibt. Dieser Gebläsecylinder saugt beim Niedergehen des Kolbens (wie es die Figur darstellt), die Luft durch das Ventil F in den obern Raum A C ein, und preßt die unter ihm im Raum C B befindliche Luft durch das Ventil G in das Rohr H H'. Beim Aufsteigen des Kolbens saugt der untere Raum C B durch das Ventil E die Luft ein, und der obere A C preßt sie durch das Ventil D in das Rohr H H'.

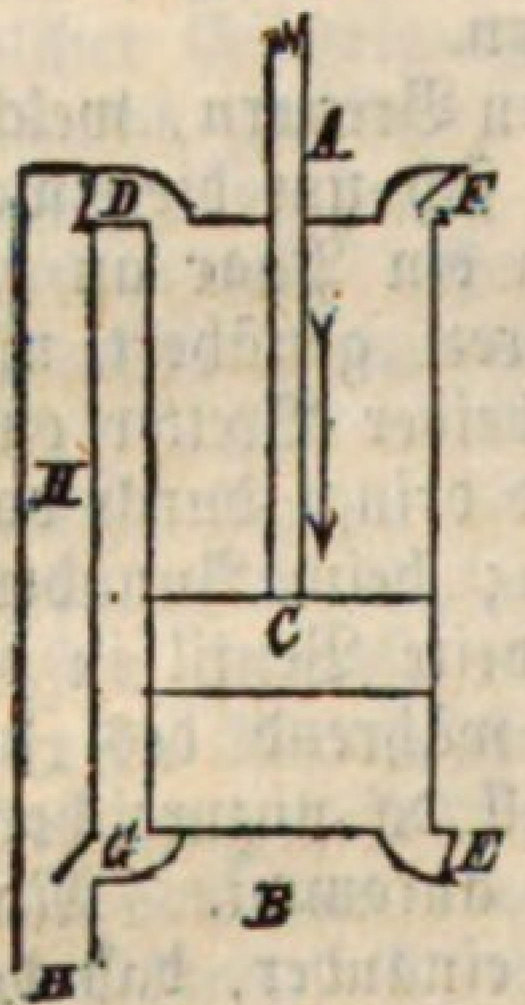


Fig. 105.

Um den Druck zu messen, mit welchem die in einem Behälter zusammengepreßte Luft austritt, bringt man eine U förmig gebogene Röhre A B, Fig. 106, (zwei communicirende Röhren) mit demselben durch das Ende A in Verbindung, und schüttet in diese etwas Wasser oder Quecksilber. Durch den Druck der Luft wird das Wasser oder das Quecksilber in dem Schenkel A bis C niedergedrückt, während es in dem andern Schenkel bis B steigt. Der Unterschied im Stande beider Röhren B D mißt den Ueberschuß des Druckes der comprimirten Luft über den Druck der Atmosphäre.

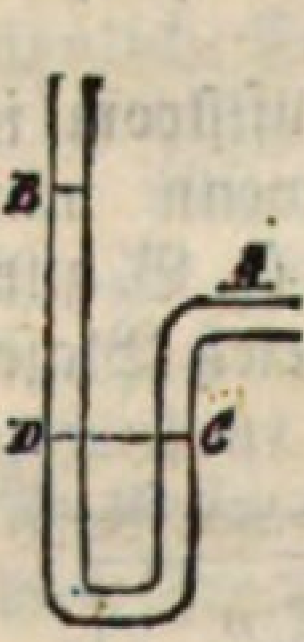


Fig. 106.

§. 170. Bei der Fortbewegung in der Röhre erfährt die Luft von den Wänden ebenfalls einen Widerstand durch die Reibung, der freilich bei der Luft viel geringer ist, als beim Wasser. — Trifft die Luft gegen schiefe Ebenen, welche wie die Flügel einer Windmühle an einer Axe angebracht sind, so wird in Folge des gegen diese Ebenen entstehenden Druckes die Axe herumgedreht.

Bläst man mit dem Munde heftig in die Röhre A B, Fig. 107, welche in der Ebene der Scheibe C E endigt, mit Heftigkeit Luft, so wird ein vor die Oeffnung B gehaltenes Metallplättchen (dünne Eisen- oder Messingplatte) durch die ausströmende Luft nicht fortgestoßen, wenn man die Hand hinwegnimmt, sondern bleibt in einer Entfernung vor der Oeffnung schweben. Indem nämlich die aus der Röhre B zwischen der Scheibe C und der Platte D ausströmende

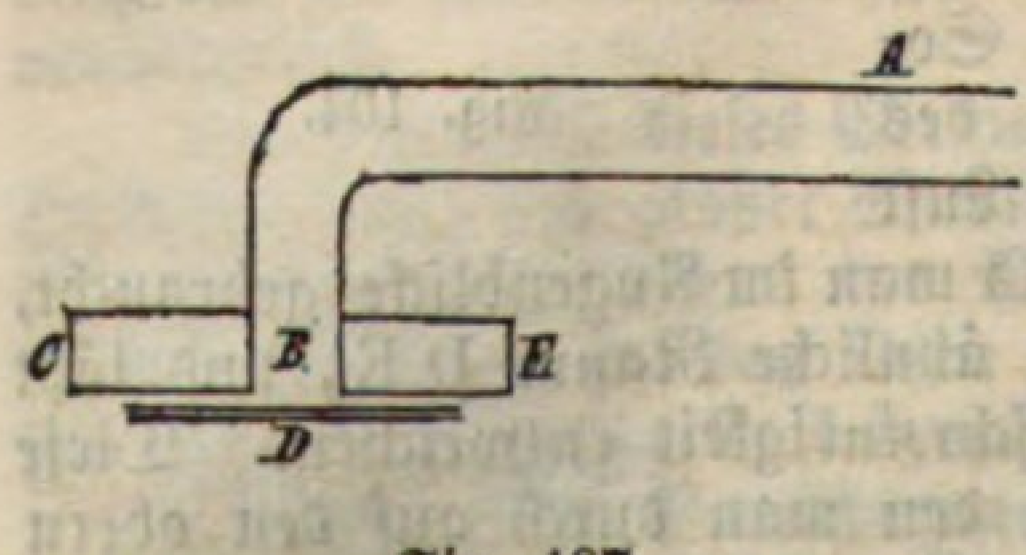


Fig. 107.

Luft sich von B aus auf einen immer größern Raum ausbreitet, verdünnt sie sich, und der stärkere Druck der Atmosphäre hebt von der untern Seite die Metallplatte hinauf.

Die Schwingungsbewegungen der Luft sollen in dem folgenden Abschnitte, welcher die Lehre von dem Schalle behandelt, näher erläutert werden.

Neunter Abschnitt.

Die Lehre vom Schalle.

§. 171. Der Schall wird erzeugt durch die Schwingungen fester, flüssiger und luftförmiger Körper, welche sich bis zu unserm Ohre fortpflanzen. Erfolgen diese Bewegungen der Körper in unregelmäßigen Zeitintervallen, so entsteht ein Geräusch, Getöse u. s. w.; erfolgen sie jedoch regelmäßig in gleichen Zeitintervallen, so entsteht ein Ton.

Man redet bei einem Tone von Höhe und Tiefe. Es hängt dieselbe von der Anzahl der Schwingungen ab, welche ein Körper in einer bestimmten Zeit, also z. B. in einer Secunde vollbringt. Je zahlreicher die Schwingungen werden, desto höher nennt man den Ton, je langsamer dieselben einander folgen, desto tiefer. Man kann sich hiervon am besten durch ein von Cagniard de Latour angegebenes Instrument, die sogenannte Syrene, Fig. 108, überzeugen. Man verfertigt sich ein kleines Rad A aus etwas starkem Messing, und schneidet in gleichen Entfernungen in den Rand etwas schief gegen die Fläche des Rades gestellte Zähne ein. Das Rad muß sich sehr leicht um die Axe C drehen. Den Zähnen gegenüber befindet sich eine Röhre B D mit ihrer einen Oeffnung B, welche gerade so groß ist, als die Zähne oder der leere Raum zwischen den Zähnen des Rades nahe an dem Rade. Bläst man mit dem Munde Luft durch die Röhre B D gegen die Zähne, so beginnt das Rad wegen des gegen die schiefe Fläche der Zähne erfolgenden Luftstoßes sich umzudrehen. Je länger und je stärker man bläst, um so rascher beginnt das Rad sich zu bewegen; man kann aber bald durch gleichmäßiges Blasen dahin gelangen, daß dasselbe mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit fortwährend umläuft.

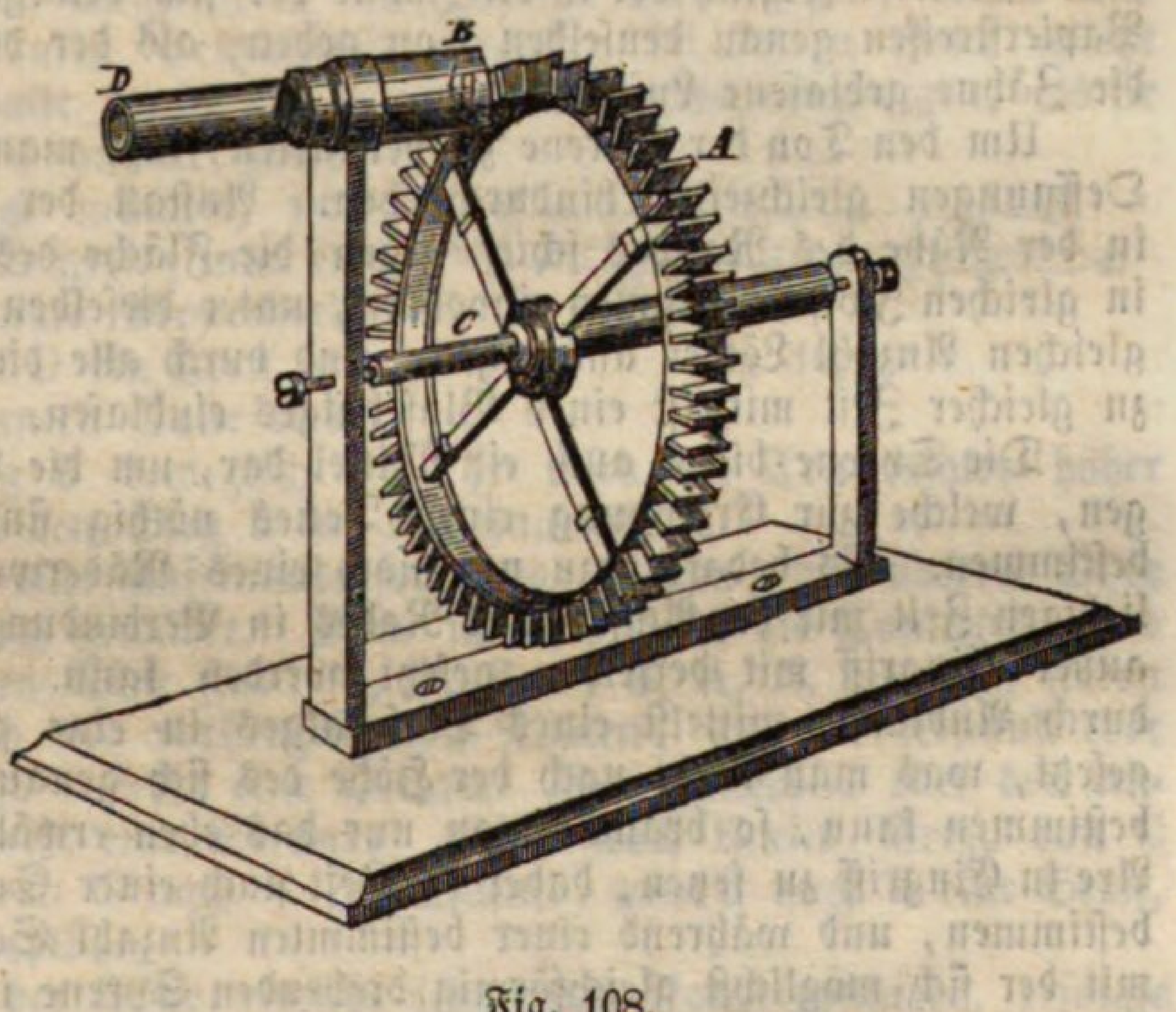


Fig. 108.

Indem man durch die Röhre B Luft gegen die Zähne des Rades bläst, so erhält diese Luft bald zwischen den Zähnen des Rades einen freien Durchgang, bald wird sie durch die der Oeffnung der Röhre B sich gerade gegenüberstellenden Zähne (da die Oeffnung der Röhre gerade so gestaltet ist, wie die Zähne oder die ihnen gleichen Zwischenräume), am Austritte aus der Röhre gehindert. Sobald also ein Zwischenraum auf die Oeffnung paßt, geht die Luft aus der Röhre hindurch, und übt auf die hinter dem Rande des Rades befindliche Luft einen Stoß aus; so viel Zwischenräume in einer Secunde an der Oeffnung der Röhre vorübergehen, so viele Stöße oder Erschütterungen erhält folglich die Luft.

Macht man den ebenbeschriebenen Versuch, so hört man bei der Umdrehung der Syrene einen Ton, und dieser Ton wird immer höher, je schneller das Rad derselben umläuft, also je mehr Stöße die Luft in einer Secunde erhält. Die der Luft hinter dem Rande des Rades mitgetheilten Stöße theilen sich nämlich der umgebenden Luft mit, und gelangen so zu unseren Ohren. So lange man das Rad sich mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit umdrehen läßt, bleibt der Ton unverändert derselbe.

§. 172. Hält man, während das Rad umläuft, einen kleinen, spitz zugeschnittenen Streifen einer Karte oder eines Papiers leise auf die Zähne des Rades, so wird derselbe durch jeden Zahn etwas in die Höhe gehoben, und fällt dann, wenn der Zahn vorübergegangen ist, durch seine Elasticität in den nächstfolgenden Zwischenraum und auf den nächstfolgenden Zahn. Der Papierstreifen erhält also durch die Bewegung des Rades eine schnell auf- und niedersteigende Bewegung; so viel Zähne an ihm vorübergehen, so viele Male schwingt der Streifen auf und nieder. Diese Schwingungen des Streifens theilen sich der umgebenden Luft, und durch diese unserm Ohre mit. Es wird folglich der in die Zähne des sich bewegenden Rades einfallende Papierstreifen genau denselben Ton geben, als der durch die Röhre B gegen die Zähne geblasene Luftstrom.

Um den Ton der Syrene zu verstärken, läßt man die Luft durch mehrere Oeffnungen gleichzeitig hindurchgehen. Anstatt der Zähne kann man auch in der Nähe des Randes schief gegen die Fläche des Rades gestellte Löcher in gleichen Zwischenräumen einbohren, unter dieselben eine Scheibe mit einer gleichen Anzahl Löcher anbringen, und durch alle diese Oeffnungen die Luft zu gleicher Zeit mittelst eines Blasebalges einblasen.

Die Syrene bietet auch ein Mittel dar, um die Anzahl der Schwingungen, welche zur Erzeugung eines Tones nöthig sind, mit Genauigkeit zu bestimmen. Es bedarf dazu nur noch eines Räderwerkes, das zu jeder beliebigen Zeit mit der Achse C des Rades in Verbindung gebracht, und wieder außer Eingriff mit derselben gesetzt werden kann. Hat man die Syrene durch Anblasen mittelst eines Blasebalges in eine gleichförmige Bewegung gesetzt, was man leicht nach der Höhe des sich genau gleichbleibenden Tones bestimmen kann, so braucht man nur das eben erwähnte Räderwerk mit der Axe in Eingriff zu setzen, dabei die Zeit nach einer Secundenuhr sorgfältig zu bestimmen, und während einer bestimmten Anzahl Secunden das Räderwerk mit der sich möglichst gleichförmig drehenden Syrene in Bewegung zu lassen. Wenn man dann aus dem Stande der Zeiger des Räderwerkes auf ihren Zifferbrettern die Anzahl der in der bestimmten Zeit gemachten Umdrehungen der Axe berechnet, so erhält man durch Division derselben mit der Anzahl Secunden die in einer Secunde gemachten Umdrehungen des Rades. Kennt man ferner auch die Anzahl der Löcher im Rade, so erhält man durch Multiplication derselben mit der Anzahl der Umdrehungen die in einer Secunde

der Luft mitgetheilten Stöße, und damit auch die Anzahl der dem angeblasenen Tone zugehörigen Doppelschwingungen.

§. 173. Soll ein Ton von unserm Gehörorgane aufgenommen werden, so muß die Anzahl der zu demselben gelangenden Schwingungen nicht zu gering und nicht zu groß sein. Savart zeigte, daß die tiefsten Töne, welche man wahrnehmen könne, wenigstens durch 8 auf die Luft ausgeübte Stöße erzeugt werden, daß dieselben also 7—8 Doppelschwingungen (oder 14—16 einfache Schwingungen) in einer Secunde machen. Mittelst sehr schnell umgedrehter gezähnter Räder, in deren Zähne ein elastisches Metallplättchen schlug, bestimmte derselbe die Anzahl der Schwingungen des höchsten noch hörbaren Tones zu 24,000 doppelten: oder zu 48,000 einfachen Schwingungen.

§. 174. Die Körper können in verschiedene Arten von Schwingungen gesetzt werden, in Längenschwingungen, Querschwingungen und in drehende Schwingungen; in dem Folgenden wird nur von den beiden ersten das Wichtigste mitgetheilt werden. Am bekanntesten sind die Querschwingungen, in welche eine Saite durch Streichen mit einem Bogen, oder Schlagen mit einem Hammer, oder Reißen mit dem Finger geräth. Man sieht, Fig. 102, die aus ihrer Gleichgewichtslage A E B in die Lage A D B gezogene Saite nach dem Hinwegnehmen des Fingers erst nach A E B und dann weiter nach A C B hinausgehen, von hier in die frühere Lage zurückkehren u. s. f. Indem sie hin und her schwingt, setzt sie die Luft in Bewegung.

Eine Saite, welche, so wie oben angegeben wurde, ihrer ganzen Länge nach gleichzeitig von einer Seite zur andern übergeht, schwingt nun nach folgenden Gesetzen. Die Höhe des Tones, oder die Anzahl der ihn erzeugenden Schwingungen hängt ab von der Länge der Saite, von ihrer Dicke, ihrer Spannung und ihrem Material. Die Anzahl der Schwingungen zweier Saiten steht im umgekehrten Verhältnisse der Längen, wenn alle übrigen so eben erwähnten Verhältnisse einander bei beiden gleich gesetzt werden; die längere Saite macht um so viel weniger Schwingungen, als sie länger ist. Man kann anstatt zweier Saiten auch eine einzige nehmen, und diese verkürzen oder verlängern; man erhält dann das sogenannte Monochord. In Fig. 109 bedeutet C D ein Brett mit einer darauf ausgespannten Saite A B.

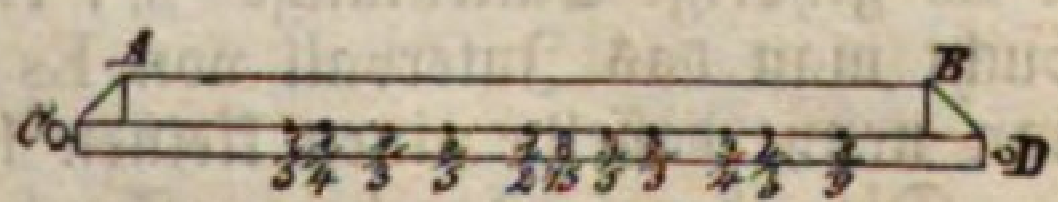


Fig. 109.

Richtet man den Steg B beweglich ein, so wird der Ton immer höher werden, je näher man den Steg B an A heranrückt.

§. 175. Es gibt eine Aufeinanderfolge von Tönen, die unserm Ohre eine gewisse Befriedigung gewährt. Man nennt dieselbe die Tonleiter, und die Namen der einzelnen Töne sind: C, D, E, F, G, A, H, c; nach sieben Tönen wiederholen sich die vorhergehenden Namen, und der Abstand oder das Intervall von C zu c heißt eine Octave. Das Intervall oder der Abstand von C nach D heißt eine Secunde, von C nach E eine Terz, von C nach F eine Quarte, von C nach G eine Quinte, von C nach A eine Sexte, von C nach H eine Septime.

Die Bezeichnung der Töne, welche jetzt durch Noten geschieht, erfolgte früher durch die obengenannten Buchstaben. Man bezeichnete die vorhin geschriebene Octave von C bis H mit großen Buchstaben, die nächst höhere mit kleinen, die dann folgende mit den kleinen Buchstaben, die oben mit einem Querstrich versehen waren $\bar{c}$, $\bar{d}$ u. s. w., die folgende wieder mit den kleinen Buchstaben mit zwei Strichen $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{e}}$ u. s. f. Die tieferen Töne als C bilden die Contra-Töne, und man fügte ihnen den Strich unten bei: $\underline{C}$, $\underline{D}$ u. s. w.

§. 176. Will man mittelst des oben angegebenen Monochords die Töne einer oder mehrerer Octaven erhalten, so muß man die Saite nach einem bestimmten Verhältnisse verkürzen. Gesetzt die Saite gebe, wenn ihre Länge A B, Fig. 109, ist, genau der Ton C. Nimmt man diese Länge als Einheit an, so wird man dieselbe bis auf $^8/_9$ verkürzen: d. h. den beweglichen Steg von B bis auf $^8/_9$ heranrücken müssen, um den Ton D zu erhalten. Verkürzt man die Saite durch Vorrücken des Steges bis auf $^4/_5$, so gibt sie den Ton E u. s. f. Da oben das Gesetz ausgesprochen wurde, daß die Anzahlen der Schwingungen einer Saite in einer bestimmten Zeit sich umgekehrt verhalten, wie die Längen der Saiten (alles Uebrige gleich gesetzt), so wird in derselben Zeit, in welcher C eine Schwingung macht, D $^9/_8$ oder $1\,^1/_8$, E $^5/_4$ Schwingungen u. s. w. vollbringen. Die zu jedem Tone gehörige Saitenlänge und Anzahl der Schwingungen zeigt die folgende Zusammenstellung:

	C	D	E	F	G	A	H	c
Saitenlänge:	1.	$^8/_9$	$^4/_5$	$^3/_4$	$^2/_3$	$^3/_5$	$^8/_{15}$	$^1/_2$
Anzahl der Schwingungen:	1.	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$	2.

Die eben angegebene Aufeinanderfolge von Tönen bildet die sogenannte Dur-Tonleiter, und die Töne C E G zusammen geben den sogenannten harten Dreiklang. Die Intervalle zwischen den einzelnen Tönen sind nicht gleich groß, wie man sogleich erfährt, wenn man die Schwingungszahl jedes Tones durch die Schwingungszahl des nächst vorhergehenden dividirt. Das Intervall zwischen C und D (also $D/C = {^9/_8} : 1) = {^9/_8}$; zwischen D und E (also $E/D = {^5/_4} : {^8/_9}) = {^{10}/_9}$, zwischen E und $F = {^{16}/_{15}}$, zwischen F und $G = {^9/_8}$, zwischen G und $A = {^{10}/_9}$, zwischen A und $H = {^9/_8}$, und zwischen H und $c = {^{16}/_{15}}$. Das Intervall $^9/_8$ heißt ein großer ganzer Ton, das Intervall $^{10}/_9$ ein kleiner ganzer Ton, das Intervall $^{16}/_{15}$ ein großer halber Ton.

Außer dieser Dur-Tonleiter gibt es noch eine zweite, die sogenannte Moll-Tonleiter, in welcher die Terz nicht E, sondern etwas niedriger Es ist. Während C die Saitenlänge 1, und E die Saitenlänge $^4/_5$ hat, beträgt die zu Es gehörige Saitenlänge $^5/_6$; die Schwingungszahl für Es ist folglich $^6/_5$. Sucht man das Intervall von Es zu E, so erhält man $^5/_4 : {^6/_5} = {^{25}/_{24}}$; man nennt dasselbe einen kleinen halben Ton.

Die oben angegebenen Tonleitern gingen von C als Grundton aus; um nun auch von den anderen Tönen als Grundtönen ausgehen zu können, müssen zwischen den oben genannten Tönen noch andere eingeschaltet werden. Man erniedrigt deßhalb jeden der obigen sieben Töne um einen kleinen halben Ton, indem man seine Schwingungszahl mit $^{24}/_{25}$ multiplicirt, und erhöht ihn um einen kleinen halben Ton, indem man seine Schwingungszahl mit $^{25}/_{24}$ multiplicirt. Beim Schreiben der Noten wird diese Erhöhung durch ein #, diese Erniedrigung durch ein b bezeichnet; beim Sprechen hängt man im ersten Falle dem Namen des Tones die beiden Buchstaben is, im zweiten es an, D, Dis, Des. Da sehr oft zwei dieser Töne, so z. B. Cis und Des, sehr nahe zusammenfallen, so werden diese beiden auf den Instrumenten mit festen Tönen (z. B. auf dem Claviere) durch einen einzigen vertreten.

§. 177. Wenn man die Anzahl der Schwingungen, welche ein Ton in einer Secunde macht, bestimmt hat, so lassen sich, da alle Verhältnisse der Schwingungen bekannt sind, sehr einfach die Anzahlen der Schwingungen aller übrigen Töne berechnen. Denn macht C in einer Secunde 64 Doppel-Schwingungen, so macht D in in derselben Zeit $64 \times {^9/_8} = 72$, $E = 64 \times {^5/_4} = 80$ u. s. w., also

C	D	E	F	G	H	H	c
64.	72.	80.	85,3.	96.	106,7.	120.	128.

Multiplicirt man 128 wieder mit den angegebenen Verhältnißzahlen, so erhält man die Schwingungen für die Töne der sogenannten kleinen Octave u. s. f. Der Ton $\bar{c}$ macht also 256, der Ton $\bar{\bar{c}}$ 512 Schwingungen u. s. f. Umgekehrt ist es auch leicht, wenn eine bestimmte Anzahl Schwingungen gegeben ist, den zugehörigen Ton durch Rechnung zu finden. Durch Multiplication der Schwingungen mit 2 wird jeder Ton um eine Octave erhöht, durch Division mit 2 um eine Octave vermindert.

§. 178. Die Schwingungszahlen der Saiten stehen ferner im umgekehrten Verhältnisse der Querschnitte oder der Quadrate der Durchmesser derselben; so daß eine Saite, deren Querschnitt viermal (oder deren Durchmesser zweimal) so groß ist, als der einer andern, in einer und derselben Zeit nur $\frac{1}{4}$ so viel Schwingung macht, als die dünnere.

Die Schwingungszahlen stehen ferner im geraden Verhältnisse mit den Quadratwurzeln aus den spannenden Kräften, so daß eine Saite, welche erst durch die Kraft 1, dann aber durch die Kraft 4 gespannt wird, im zweiten Falle doppelt so viel Schwingungen macht, als im ersten.

Auch von der Masse oder der Dichte des Stoffes, woraus eine Saite gebildet ist, hängt endlich noch die Anzahl der Schwingungen ab, und zwar so, daß die letzteren sich verhalten umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus der Dichte der Saite. Eine Saite von Kupfer hat eine ungefähr neunmal größere Dichtigkeit, als eine Darmsaite, daher ist die Anzahl der Schwingungen einer Darmsaite dreimal größer als die Anzahl der Schwingungen einer Kupfersaite, wenn beide gleiche Länge, Dicke und Spannung haben.

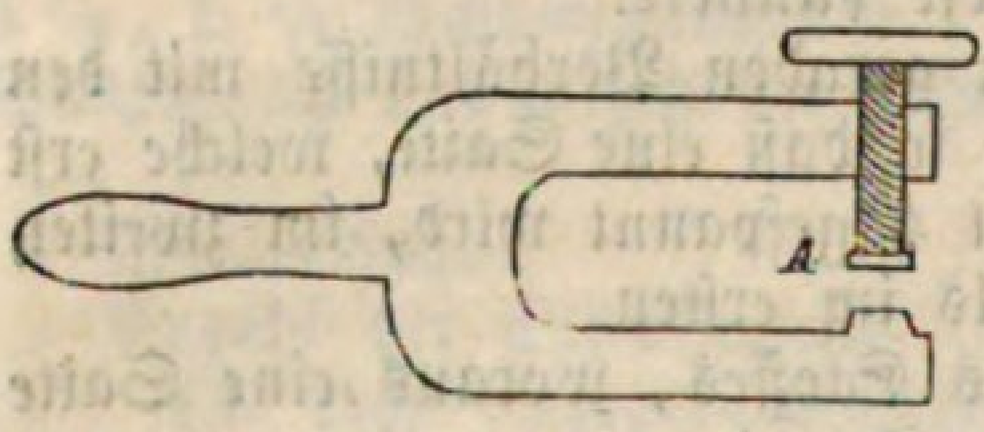
§. 179. In den bis jetzt erwähnten Versuchen wurde die ganze Saite in einerlei Schwingung gesetzt; durch ein sehr einfaches Mittel kann man aber auch die Saite so in Schwingung setzen, daß sie in ihren Theilen auf eine verschiedene Weise schwingt. Hält man z. B. den Finger sehr leicht auf die Mitte der Saite AB in C, und setzt die eine Hälfte AC durch Streichen mit dem Bogen in Schwingungen, so wird durch den leisen Druck des Fingers der Punkt C der Saite allerdings am Schwingen gehindert; aber die Schwingungen pflanzen sich dennoch auf die andere Hälfte CB fort, und setzen auch diese in Bewegung, aber so, daß CB sich stets gerade nach der entgegengesetzten Seite bewegt als AC. Die ausgezogene und die punktirte Linie geben die Lage der Saitenhälften in zwei verschiedenen Zeitpunkten an. Der Punkt C, welcher stets in Ruhe bleibt, während die zur Seite liegenden Theile sich abwechselnd auf- und abbewegen, heißt ein Schwingungsknoten. Berührt man die Saite mit einem Finger leise auf $\frac{1}{3}$ ihrer Länge, und setzt dieses Drittel durch Streichen mit dem Bogen in Schwingungen, so gerathen die anderen beiden Drittheile auch in Schwingungsbewegungen, aber so, daß der Punkt, welcher auf zwei Drittheilen der Saite liegt, ebenfalls einen Schwingungsknoten bildet, und in Ruhe bleibt. Die Saite hat jetzt also zwei Schwingungsknoten, auf $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ ihrer Länge. Auf ähnliche Weise erhält man durch Berühren der Saite auf $\frac{1}{3}$ ihrer Länge drei Schwingungsknoten, auf $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$. Man kann diese Schwingungsknoten schon mit den Augen wahrnehmen; noch deutlicher kann man sie aber nachweisen, wenn man während des vorhin beschriebenen Streichens eines Theiles der Saite mit dem Bogen kleine (ein Paar Linien lange), sehr schmale, winkelförmig zusammengebogene Papierstreifen auf verschiedene Punkte aufsetzt. An den Schwingungsknoten bleiben diese reitenden Papierstückchen in Ruhe, von allen übrigen Punkten der Saite werden sie aber herabge-



Figur 110.

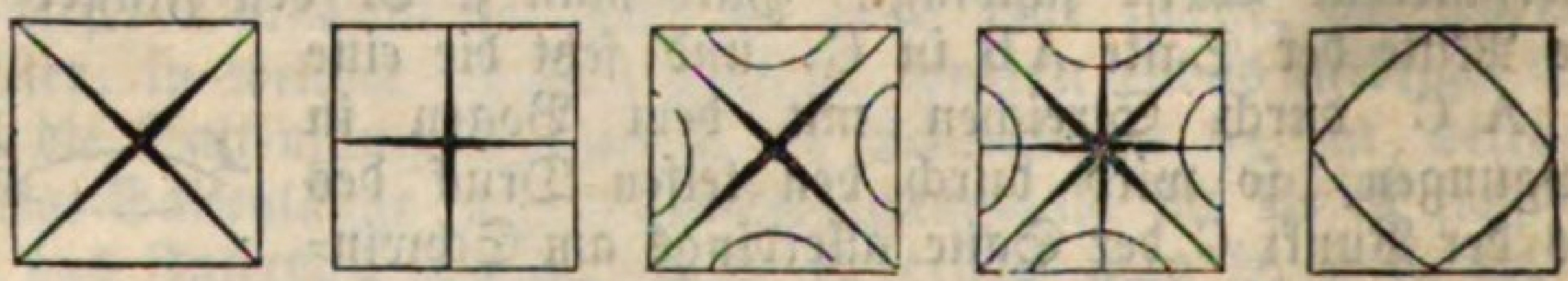
worfen. Wenn eine Saite nicht in ihrer ganzen Länge schwingt, sondern einen oder mehrere Schwingungsknoten zeigt, so ist ihr Ton höher, als der Ton der ganzen schwingenden Saite. Schwingt sie mit der Hälfte, so ist der Ton um eine Octave, schwingt sie mit Drittel, um eine Octave und Quinte, schwingt sie mit Viertel, um zwei Octaven höher, als der Ton der ganzen Saite.

§. 180. Aehnliche Schwingungsknoten, wie bei den Saiten, bilden sich auch bei den Schwingungen von Platten aus Metall oder Glas. Nimmt man eine quadratische Tafel von Glas oder Messing, hält sie in ihrer Mitte zwischen zwei Fingern der linken Hand, oder befestigt sie zwischen beiden Armen des Halters, Figur 111, durch eine Schraube in A, und streicht sie mit dem in der rechten Hand gehaltenen Bogen, so wird die Tafel so in Schwingungen gerathen, daß einzelne Theile derselben in Ruhe bleiben, während die umliegenden sich abwechselnd auf- und abbewegen. Man kann diese ruhenden Stellen (die Schwingungsknoten) sichtbar machen durch aufgestreuten feinen, aber staubfreien Sand; derselbe wird von den schwingenden Theilen der Platte hinweggetrieben, und häuft sich allein auf den ruhenden an. Je nach dem Punkte, wo die Tafel gestrichen und wo sie vielleicht durch einen leise an den Rand gelegten Finger festgehalten wird, ändert sich die Lage der Schwingungsknoten, und damit auch die Höhe des Tones, der natürlich um so höher werden muß, je kleiner die schwingenden Theile werden. Man nennt diese Figuren nach ihrem Entdecker die Chladni'schen Klangfiguren.



Figur 111.

Figur 112.



Die Figuren 112 stellen solche auf einer quadratischen Scheibe erzeugten Klangfiguren dar. Aendert man die Form der Scheibe, nimmt also ein Rechteck, eine Ellipse, einen Kreis u. s. w., so erhalten diese Klangfiguren auch ganz andere Formen.

Läßt man Stäbe von Stahl oder Eisen transversal schwingen, so bietet der aufgestreute Sand ebenfalls ein sehr bequemes Mittel zur Bestimmung der Schwingungsknoten dar.

Wendet man zum Aufstreuen auf die Platte sehr leichte Körperchen, wie Staub oder Bärlappsamen an, so häufen sich dieselben nicht an den ruhenden Stellen an, sondern werden durch Luftströmungen, welche durch die Bewegung der schwingenden Theile der Platte erregt werden, von diesen Stellen hinweg nach dem am stärksten schwingenden Punkte geführt, und erscheinen hier, so lange die Platte tönt, als Staubwirbel oder kleine haufenförmige Staubwolken, die in ununterbrochener Bewegung sind. Man kann sich von der Anwesenheit solcher Luftströme leicht noch durch einen andern Versuch überzeugen; man halte in der Nähe des Randes der schwingenden Platte eine andere Scheibe, auf welcher etwas Bärlappsamen liegt; derselbe wird sich sogleich auf die schwingende Platte begeben, offenbar in Folge der durch diese erzeugten Luftströmungen.

§. 181. Außer den transversalen Schwingungen gibt es noch, wie schon erwähnt, longitudinale. Man erzeugt dieselben, wenn man auf eine gespannte Saite den Bogen nicht rechtwinklig, sondern unter einen sehr spitzen Winkel aufsetzt, und also mehr nach der Länge der Saite streicht. Eine mehrere Fuß lange Glasröhre (oder einen Glasstab) setzt man in longitudinale Schwingungen, wenn man sie in der Mitte mit der linken Hand hält, und mittelst eines in der rechten Hand gehaltenen feuchten Tuchläppchens die eine Hälfte derselben reibt. Bringt man in die Röhre Sand, so zieht sich dieser auf bestimmte Punkte zusammen, und zeigt die Schwingungsknoten auf der innern untern Seite der Röhre an, ebenso wie Papierringe, die man außen auf die nicht geriebene Hälfte der Röhre aufschiebt, sich fortbewegen, bis sie zu einem Schwingungsknoten der obern äußern Seite gelangen und stille stehen. Dreht man die Röhre in der linken Hand um ihre Axe, so wird man bemerken, daß die Schwingungsknoten ihre Lage ändern, und während einer ganzen Umdrehung der Röhre eine Art von Spirale beschreiben, die aber in beiden Hälften der Röhre nicht immer gleich gewunden ist, sondern in der einen Hälfte oft umgekehrt läuft als in der andern. Man wird ferner auch finden, daß die Schwingungsknoten auf der Außenseite der Röhre nie mit den Schwingungsknoten der Innenseite zusammentreffen, sondern daß die ersteren stets zwischen zwei Schwingungsknoten der letztern Seite fallen. — Dieß Letztere findet auch statt, wenn man einen mehrere Fuß langen dünnen Streifen von Metall longitudinal in Schwingungen versetzt; die Schwingungsknoten der einen Seite fallen genau in die Mitte zwischen zwei Schwingungsknoten der andern Seite. Es hat diese Erscheinung, wie Savart gezeigt hat, ihren Grund in Transversal-Schwingungen, welche die longitudinalen Schwingungen stets begleiten.

§. 182. Es lassen sich nicht nur feste Körper, sondern auch flüssige und luftförmige in longitudinale Schwingungen versetzen. Um flüssige Körper in die genannte Schwingung zu versetzen, füllt man dieselben in gerade oder heberförmig gebogene Glasröhren, und reibt dieselbe mit einem feuchten Tuchläppchen (eine gerade Röhre muß an einem oder an beiden Enden verschlossen werden, während die heberförmig gebogene Röhre, wenn die Oeffnungen der Schenkel nach oben gerichtet werden, auch offen bleiben kann).

Die luftförmigen Körper befinden sich in den sogenannten Pfeifen in longitudinalen Schwingungen. Die Bewegung, in welcher sich dabei die einzelnen Lufttheilchen oder Luftschichten befinden, wird sich aus dem Folgenden ergeben. Es bedeute A B, Fig. 113, eine Röhre, in welcher die Luft durch die vor derselben befindliche schwingende Platte M N ebenfalls in Schwingungen gesetzt wird. Die schwingende Platte M N bewege sich zuerst von m′ n′ durch M N nach m n; M N ist ihre Lage im Zustande der Ruhe, m′ n′ ihre Lage, wenn sie

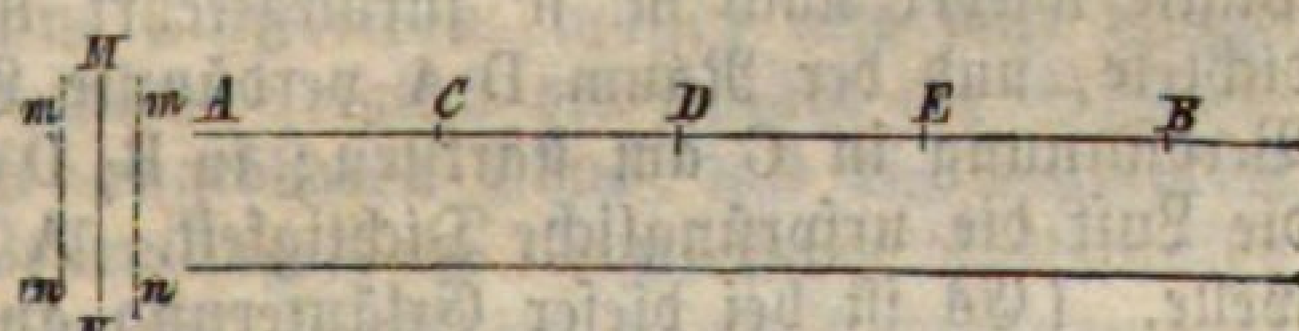


Fig. 113.

sich am weitesten nach links, und m n wenn sie sich am weitesten nach rechts von ihrer ursprünglichen Lage entfernt hat. Wenn die schwingende Platte nach m′ n′ gekommen ist, so beginnt sie, getrieben durch ihre Elasticität, wieder nach M N zurückzukehren; die Geschwindigkeit, welche sie in der äußersten Lage m′ n′ besitzt, ist folglich Null. Während des Rückganges wächst aber (wie beim Pendel) die Geschwindigkeit durch die beschleunigend wirkende Elasticität, bis die Platte nach M N gekommen ist. In dieser Lage hat sie ihre größte Geschwindigkeit erlangt, weil beim Hinausgehen über M N nach

der Seite von m n hin die Elasticität nicht mehr beschleunigend, sondern hemmend wirkt. Die Geschwindigkeit nimmt daher wieder ab, bis die Platte in die Lage m n kommt, wo sie wieder Null ist; die Elasticität treibt dann die Platte wieder nach der linken Seite zurück u. s. f.

Wenn die Platte vor der Oeffnung sich in der Lage m' n' befindet, und dann eben ihre Bewegung nach rechts hin beginnt, so übt sie auf die an ihr zur rechten Seite liegende Luft einen Stoß aus, und comprimirt dieselbe. Dieser Stoß pflanzt sich sogleich mit einer, der Elasticität der Luft entsprechenden Geschwindigkeit weiter nach rechts hin fort. Während die Platte immer mehr sich der Lage M N nähert, wächst, wie vorhin gesagt, ihre Geschwindigkeit, und sie comprimirt die vor ihr befindliche Luft immer mehr; aber diese Verdichtung pflanzt sich durch die Elasticität der Luft ebenfalls in der Röhre weiter fort. Gesetzt, es gelange der erste Stoß bis nach C, während die Platte sich aus der Lage m' n' in die Lage M N bewegt, so wird die Luft von C nach A hin immer stärker comprimirt sein. Wenn nun die Platte über M N hinausgeht, so nimmt ihre Geschwindigkeit wieder ab, und damit auch die durch sie erzeugte Compression der Luft; gelangt der erste Stoß in der Zeit, in welcher die Platte von M N nach m n geht, von C nach D, so wird in dem Raume A D die Compression der Luft von D nach C hin wachsen, von C nach A hin aber wieder abnehmen.

Beginnt die Platte aus der Lage m n zurückzukehren, so entsteht hinter ihr auf der rechten Seite ein leerer Raum, welchen die Luft aus der Röhre auszufüllen sucht. Die Lufttheilchen, welche am Eingange der Röhre liegen, bewegen sich also jetzt nach links hin, und erzeugen eine Verdünnung der Luft, die sich ebenfalls in der Richtung der Röhre hin fortpflanzt, indem die weiter nach rechts hin gelegene Luft die entstandene Verdünnung auszufüllen sucht. Je schneller sich nun die Platte bewegt, desto größer wird die entstandene Verdünnung. Die Platte erreicht das Maximum ihrer Geschwindigkeit, wenn sie bis M N gekommen ist. Es habe während dieser Zeit sich die Bewegung der Luft in der Röhre wieder um eine gleiche Länge fortgepflanzt, so daß die erste Bewegung bis E gelangt ist. Der Raum von E bis C enthält dann verdichtete Luft, deren Verdichtung in D am stärksten ist, während sie in C ursprüngliche Dichtigkeit besitzt; der Raum von C nach A hin enthält verdünnte Luft, deren Verdünnung von C nach A hin zunimmt. Geht die Platte von M N noch weiter zurück nach m' n', so nimmt ihre Geschwindigkeit allmälig wieder ab, es wird mithin auch die entstehende Verdünnung kleiner. Gelangt die erste Bewegung der Luft bis B, wenn die Platte wieder nach m' n' zurückgekehrt ist, so enthält der Raum B D verdichtete, und der Raum D A verdünnte Luft; die Verdichtung ist in E, die Verdünnung in C am stärksten; in B, D und A besitzt in diesem Augenblicke die Luft die ursprüngliche Dichtigkeit. A B ist die Länge der erzeugten Schallwelle. (Es ist bei dieser Erläuterung angenommen, daß der Punkt A sich stets dicht an der Platte befinde, was in der Zeichnung, um sie einfacher zu machen, nicht so erscheint; Aehnliches gilt auch von den Punkten C und D, die ja ihren Ort auch in Folge der Verdichtungen und Verdünnungen ein wenig ändern.) Beginnt die Platte wieder eine neue Schwingung, so erzeugt sie in der Röhre eine zweite Luftwelle, während die erste sich immer weiter nach rechts hin fortpflanzt u. s. w.

§. 183. Eine Röhre (Pfeife), in welcher an dem einen Ende A auf irgend eine Weise Wellen erregt werden, kann an dem andern Ende B entweder offen oder geschlossen sein, offene oder gedeckte Pfeife. Wenn Schallwellen in einer gedeckten Pfeife A B, Fig. 114, erzeugt werden, so gehen

sie von A nach B hin, und erleiden dann am Ende B eine Reflexion. Diese reflectirten Wellen treffen mit den directen zusammen, und erzeugen in Folge dieses Zusammmentreffens stehende Wellen in den Pfeifen. Erinnert man sich daran, daß, während die Welle von A nach

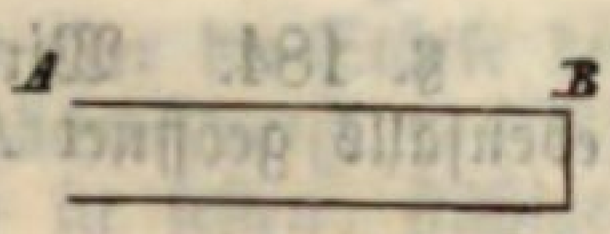


Fig. 114.

B geht, in dem verdichteten Theile der Welle die Lufttheilchen eine Geschwindigkeit nach rechts hin, in dem verdünnten aber nach links hin haben, daß ferner in der reflectirten Welle sich diese Richtungen umkehren, und nimmt Rücksicht auf die Größe, um welche jedes Lufttheilchen aus seiner ursprünglichen Lage verrückt ist, so läßt sich die nähere Beschaffenheit der erzeugten stehenden Wellen angeben.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft ist für alle Schwingungen gleich groß; es werden also die Wellen um so länger werden, je längere Zeit z. B. die frühere Platte M N gebraucht, um eine Doppelschwingung von m′ n′ nach m n und wieder zurück nach m′ n′ zu vollenden. Die Höhe eines Tones, oder die in einer Secunde vollbrachte Anzahl Schwingungen hängt folglich genau mit der Wellenlänge zusammen. Der tiefste Ton, welchen die gedeckte Pfeife A B überhaupt anzugeben vermag, ist derjenige, dessen Wellenlänge vier Mal so lang ist, als die Pfeife; es bildet sich dann in der Pfeife eine stehende Welle von solcher Beschaffenheit, daß die Luft in derselben sich zu einer bestimmten Zeit von dem offenen Ende nach dem gedeckten Ende hin bewegt, und gegen letzteres hin immer dichter wird, daß bald darauf sich die Lufttheilchen von dem gedeckten Ende wieder rückwärts nach dem offenen Ende bewegen, bis nach Verlauf von so viel Zeit, als die Welle gebraucht, um gerade um die Hälfte ihrer Länge fortzuschreiten, die Luft an dem gedeckten Ende die stärkste Verdünnung zeigt, während dieselbe gegen das offene Ende hin geringer wird u. s. w. An dem offenen Ende kann die Luft nie merklich verdichtet oder verdünnt werden, aber die hier befindlichen Theilchen zeigen die größte Ortsveränderung nach rechts und links hin.

Bläst man eine gedeckte Pfeife etwas stark an, so erhält man einen Ton, der um eine Octave und eine Quinte höher ist, als der vorher bezeichnete tiefste Ton, er macht in derselben Zeit drei Schwingungen, in welcher der tiefste Ton eine vollbringt. Die diesem Tone zugehörige Wellenlänge muß nach dem Obigen drei Mal kürzer sein, also eine Länge von $^4/_3$ der Pfeife haben. — Durch noch stärkeres Anblasen läßt sich ein Ton erzeugen, dessen Schwingungen fünf Mal so zahlreich sind, als die des tiefsten; es ist derselbe zwei Octaven und eine Terz höher als der zuletzt genannte. Die Wellenlängen, welche diesem Tone entsprechen, müssen also eine Länge von $^4/_5$ der Pfeife haben u. s. f. Es wächst folglich die Anzahl der Schwingungen der auf einer gedeckten Pfeife angebbaren Töne, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5 u. s. f., also die Wellenlängen im umgekehrten Verhältnisse $^4/_1$, $^4/_3$, $^4/_5$ u. s. w., wenn die Länge der Pfeife zur Einheit angenommen wird. Ist der tiefste Ton C, so sind die nächstfolgenden g, $\overline{e}$ u. s. w.

Gibt die Pfeife den tiefsten Ton, so zeigt sie keine Schwingungsknoten, gibt sie den nächsthöhern Ton g (der also drei Mal so viel Schwingungen macht), so hat sie einen Schwingungsknoten, der $^1/_3$ der Länge vom offenen Ende entfernt ist, d. h. es gibt in C, Fig. 115, eine Luftschicht, welche keine Bewegung zeigt; die rechts und links liegenden Luftschichten bewegen sich gleichzeitig entweder nach dieser Schicht C hin, oder von C weg. Gibt die Pfeife den noch höhern Ton $\overline{e}$ (der fünf Mal so viel Schwingungen macht als der tiefste), so hat sie zwei Schwingungsknoten.

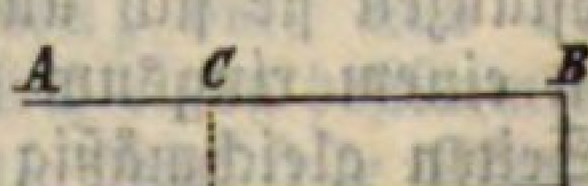


Fig. 115.

§. 184. Wird die vorhin betrachtete Pfeife an dem gedeckten Ende ebenfalls geöffnet A B, Fig. 116, so bleibt ihr Ton nicht derselbe, sondern er erhöht sich um eine ganze Octave. Ist der Ton der gedeckten Pfeife C, so ist der Ton der gleich langen offenen Pfeife c; letzterer macht zwei Schwingungen, während der erste eine vollbringt; seine Wellenlänge muß folglich halb so lang sein, als die dem Tone C der gedeckten Pfeife entsprechende; die zu diesem Tone gehörige Wellenlänge ist also $^4/_2 = 2$ Mal so groß als die Länge der Pfeife. Die Pfeife zeigt bei dieser Schwingungsart einen Schwingungsknoten in der Mitte bei D. Wird die offene Pfeife stärker angeblasen, so giebt sie einen Ton, der von dem zuletzt erwähnten c wieder die Octave ist $\bar{c}$; seine Schwingungen betragen also 4 in derselben Zeit, in welcher c 2 und C 1 vollbringt; seine Wellenlänge ist daher gleich $^4/_4$, oder gleich der Länge der Pfeife. In diesem Falle zeigen sich, Fig. 117, zwei Schwingungsknoten, $^1/_4$ von jedem Ende der Pfeife entfernt bei E und F. Bei dem nächsthöhern Tone entstehen drei Schwingungsknoten, und die Wellenlänge beträgt $^4/_6 = ^2/_3$ der Pfeife u. s. f.

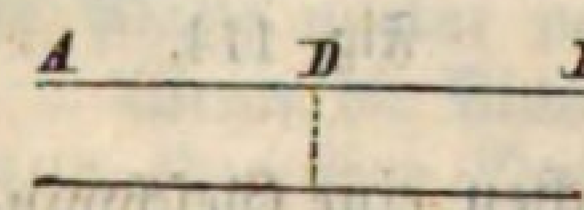


Fig. 116.

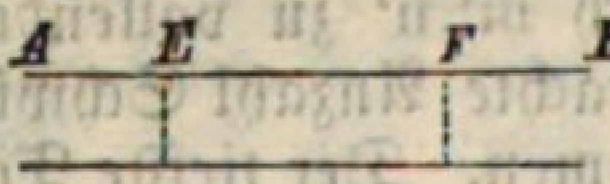


Fig. 117.

Bei der offenen Pfeife verhalten sich die Schwingungen der auf derselben Pfeife angebbaren Töne, wie die geraden (oder die gewöhnlichen) Zahlen, und die Wellenlängen natürlich umgekehrt.

Die Töne, welche eine Pfeife gedeckt und offen zu geben vermag, sind also, wenn der tiefste Ton mit C bezeichnet wird, C, c, g, $\bar{c}$, $\bar{e}$ u. s. w.; die Wellenlänge dieser Töne ist $^4/_1$, $^4/_2$, $^4/_3$, $^4/_4$, $^4/_5$ u. s. w. der Länge der Pfeife; die Anzahlen der Schwingungen verhalten sich wie 1 : 2 : 3 : 4 : 5 u. s. f.

§. 185. Die Luft in einer Pfeife kann auf verschiedene Weise in Schwingungen gesetzt werden; gewöhnlich geschieht es durch Anblasen mittelst eines Mundstückes, wodurch ein Luftstrom an einer schmalen Kante (des Mundloches) vorbei getrieben wird. Bei der Flöte wird gleichfalls ein Luftstrom mittelst der Lippen gegen den Rand der Oeffnung geblasen. Werden in den Seitenwänden der Pfeife Oeffnungen angebracht (wie bei der Flöte), so wird durch das Oeffnen und Schließen derselben die Lage der Schwingungsknoten, und somit die Höhe der Töne geändert.

Bei manchen Pfeifen (wie z. B. bei den Clarinetten) enthält das Mundstück ein elastisches Plättchen, das beim Anblasen eine unter ihm befindliche Oeffnung bald schließt, bald wieder frei läßt; man nennt dieselben Zungenpfeifen. Der Ton derselben hängt von dem Zusammenwirken der Elasticität des Plättchens und der Luftsäule in der Röhre ab. — Der dem Menschen zur Erzeugung der Stimme dienende Kehlkopf hat Aehnlichkeit in seinen Wirkungen mit einer Zungenpfeife. — Solche elastische Plättchen ohne Röhren sieht man in der so gewöhnlichen Mundharmonica; je schneller das Plättchen (die Zunge) schwingt, desto öfter wird die Oeffnung verschlossen und geöffnet, desto zahlreicher sind die Stöße, welche die Luft dadurch erhält, und desto höher wird der Ton.

§. 186. Ebenso wie die Schallwellen sich in einer Röhre fortpflanzen, pflanzen sie sich auch in der freien Luft fort. Denkt man sich einen Schall in einem ringsum freien Raume erzeugt, so wird sich der Schall nach allen Seiten gleichmäßig und gleichschnell verbreiten, und alle Theilchen der Luft, welche gleichweit von dem Schall erregenden Punkte entfernt sind (also auf der Oberfläche einer Kugel liegen), werden sich in einem gleichen Zustande

der Schwingung befinden. Bei dieser Verbreitung muß aber die Stärke des Schalles abnehmen, wie das Quadrat der Entfernung wächst (vergl. §. 193).

Die Geschwindigkeit, mit welcher der Schall sich in festen, flüssigen und luftförmigen Körpern fortpflanzt, ist sehr verschieden. Am frühesten versuchte man diese Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung in der Luft zu bestimmen. Man ließ in einer genau abgemessenen Entfernung eine Kanone abfeuern, und bestimmte die Zeit, in welcher der Schall zu dem entfernten Beobachter gelangte. Diese Zeit kann der Beobachter sehr gut bestimmen, wenn er die Zeit mißt, welche zwischen dem Erscheinen des Feuers und dem Hören des Schalles verfließt; das Licht verbreitet sich von einem Punkte der Erde zum andern augenblicklich. Da der Schall sich gleichmäßig bewegt, so findet man seine Geschwindigkeit C, wenn man die gemessene Entfernung S durch die zwischen dem Abfeuern und dem Wahrnehmen des Schalles verflossene Zeit T (in Secunden ausgedrückt) dividirt, $C = \frac{S}{T}$ (§. 122).

Wenn bei dem angegebenen Versuche die Luft bewegt ist, so wird sie durch ihre Bewegung die Geschwindigkeit des Schalles ändern. Hat der Wind die Richtung von der Kanone zum entfernten Beobachter, so wird die Geschwindigkeit des Schalles um die Geschwindigkeit des Windes vergrößert; bewegt sich aber der Wind in der gerade entgegengesetzten Richtung, so wird er die Geschwindigkeit des Schalles um seine eigene Geschwindigkeit verringern. Um also ein von diesem Fehler freies Resultat zu erhalten, muß auf jeder von zwei Stationen, deren Entfernung genau bestimmt ist, eine Kanone und ein Beobachter aufgestellt werden. Werden dann die beiden Kanonen gleichzeitig abgefeuert, so wird die Geschwindigkeit des in der Richtung des Windes gehenden Schalles eben so sehr beschleunigt, als die Geschwindigkeit des gegen den Wind sich bewegenden Schalles verringert wird. Addirt man die von beiden Beobachtern gefundenen Geschwindigkeiten, und dividirt ihre Summe durch 2 (sucht das arithmetische Mittel), so erhält man die wahre Geschwindigkeit des Schalles bei der gerade stattfindenden Temperatur und Feuchtigkeit der Luft.

Aendert sich die Temperatur der Luft, so ändert sich auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles, weil durch die Wärme die Elasticität der Luft sich ändert. Eine Aenderung im Barometerstande (im Luftdrucke) ist ohne Einfluß auf diese Geschwindigkeit, weil in demselben Maaße, als die Luft dichter ist, auch ihre Elasticität zunimmt. Genaue Versuche haben die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft zu 332 Meter oder 1058 Fuß bestimmt. Auf gleiche Weise kann man auch die Geschwindigkeit des Schalles im Wasser messen, und nach den von Colladon und Sturm im Genfersee angestellten Versuchen beträgt dieselbe 1435 Meter. Der Schall pflanzt sich also im Wasser ungefähr vier Mal so schnell fort als in der Luft.

§. 187. Die Geschwindigkeit des Schalles in andern Körpern, sowohl in festen, als auch in flüssigen und luftförmigen, läßt sich aber auf die angegebene Weise nicht mehr messen, weil man dieselben nicht in einer zu diesen Versuchen nothwendigen Ausdehnung anwenden kann. Die Geschwindigkeit in festen und flüssigen Körpern kann man mit Hülfe einer durch die Mechanik gelieferten Formel aus der Elasticität derselben, oder aus den Größen, um welche sich eine bestimmte Länge derselben durch einen bestimmten Zug oder Druck ausdehnt oder zusammenzieht, herleiten. Für feste Körper läßt sich die Geschwindigkeit des Schalles auch aus den Longitudinalschwingungen eines an beiden Enden freien und in seiner Mitte gehaltenen Stabes bestimmen. Diese Schwingung des Stabes gleicht der Schwingung der Luft

in einer offenen Pfeife; in beiden findet sich ein Schwingungsknoten in der Mitte. Die Wellenlänge, welche dem tiefsten Ton eines Stabes angehört, ist folglich doppelt so lang, als der Stab, ebenso wie die dem tiefsten Ton der offenen Pfeife entsprechende Wellenlänge doppelt so lang ist als diese.

Die Wellenlänge ist derjenige Raum, um welchen sich der Schall fortpflanzt, während eine Schwingung vollendet wird. Wird diese Wellenlänge mit L bezeichnet, und macht ein Ton in der Secunde n Schwingungen, so wird der Schall sich während einer Secunde um n Wellenlängen, also um n L Fuß fortpflanzen. Der Raum, welchen ein Körper in einer Secunde zurücklegt, wurde früher als Geschwindigkeit bezeichnet; es ist folglich die Geschwindigkeit des Schalles $V = n L$. Nun ist nach dem Vorhergehenden die Welle, welche zu dem tiefsten Tone eines longitudinalschwingenden Stabes gehört, doppelt so lang, als der Stab; also, wenn dessen Länge l ist, $L = 2 l$. Macht dieser tiefste Ton des Stabes n Schwingungen in einer Secunde, so pflanzt sich der Schall in dieser Zeit in der Masse des Stabes um 2 n l Fuß fort. Dieß ist also die Geschwindigkeit des Schalles in dem angewandten Stabe.

Auf gleiche Weise läßt sich auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in gasförmigen Körpern mit Hülfe der Pfeifen bestimmen. Man bläst eine offene Pfeife mit dem Gase an, indem man dasselbe aus einer damit angefüllten Blase oder einem Gasometer in das Mundstück der Pfeife treibt, bis die Pfeife den tiefsten Ton gibt. Die diesem Tone zugehörige Wellenlänge ist gleich der doppelten Länge der Pfeife; also wenn deren Länge l, ist die Wellenlänge $= 2 l$. Macht der Ton nun wieder n Schwingungen in einer Secunde, so legt der Schall in diesem Gase in einer Secunde den Raum 2 n l zurück, oder besitzt die Geschwindigkeit $v = 2 n l$. Ist n und l gemessen, so läßt sich v berechnen. Es übt aber die Oeffnung des Mundstückes einen Einfluß auf die Tonhöhe aus, so daß man nicht genau die Länge l bestimmen kann; daher wird die auf angegebene Weise gefundene Geschwindigkeit des Schalles etwas fehlerhaft. Aber auch dieser Fehler läßt sich vermeiden; gesetzt, eine offene Pfeife von der Länge l gibt mit atmosphärischer Luft angeblasen einen Ton, der n Schwingungen in einer Secunde macht, mit einem andern Gase, z. B. mit Wasserstoff angeblasen, einen Ton, der n' Schwingungen in einer Secunde macht, so ist nach dem Vorhergehenden die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft $v = 2 n l$, die Geschwindigkeit des Schalles im Wasserstoff $v' = 2 n' l$. Es verhält sich also die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft, zu der im Wasserstoff wie $2 n l : 2 n' l$, also $v : v' = 2 n l : 2 n' l$, oder $v : v' = n : n'$. Man erhält also $v' = \frac{n' v}{n}$. Nach den früheren Versuchen kennt man die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft v, und kann nun, da n und n' ebenfalls bestimmt sind, v' berechnen. Jetzt kommt die Länge der Pfeife nicht in Betracht; der Einfluß des Mundloches wird in beiden Fällen derselbe sein, und die berechnete Geschwindigkeit v' ist frei von dem vorhin erwähnten Fehler.

Setzt man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der atmosphärischen Luft $= 1$, so beträgt sie nach den auf vorstehende Weise angestellten Versuchen von Dulong in

Kohlensäure	0,786
Stickoxyd	0,787
Oelbildendem Gase . . .	0,943
Sauerstoff	0,952

Luft	1,000
Kohlenoxydgase	1,013
Wasserstoff	3,812

Aus den von Colladon und Sturm über die Compression der Flüssigkeit angestellten, und früher §. 108 mitgetheilten Versuchen ergibt sich durch Berechnung nach einer von Laplace gegebenen Formel die Geschwindigkeit des Schalles in

Alkohol	3,5
Schwefelsäure	3,95
Luftfreiem Wasser	4,22
Lufthaltigem Wasser . . .	4,30
Salpetersäure (sp. G. 1,403)	4,50
Essigsäure	4,5

Die Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern ist nach Savart's Versuchen über die Longitudinalschwingungen (und auch Transversalschwingungen an Stäben) die Geschwindigkeit desselben in der Luft = 1 gesetzt in

Messing	10,6
Kupfer	11,5
Buchenholz	13,9
Eisen	15,1
Stahl	15,1
Glas	15,5
Tannenholz	16,5

§. 188. Schallwellen werden, wenn sie gegen einen festen Körper treffen, unter demselben Winkel wieder zurückgeworfen, unter welchem sie aufgefallen sind. Fallen sie senkrecht auf, so gehen sie auch senkrecht zurück. Spräche man in einem nach der Form einer Ellipse gebauten Gewölbe in dem einen Brennpunkte, so würden die von diesem Brennpunkte ausgehenden Strahlen sich genau wieder im andern Brennpunkte vereinigen. — Durch den zurückgeworfenen Schall entsteht das Echo; wiederholt ein Echo mehrere Silben, so heißt es ein mehrsilbiges; wiederholt es das Gesprochene mehrere Male, so heißt es ein mehrfaches. Man kann in einer Secunde ungefähr 9 Silben deutlich vernehmen; ist also eine Wand 58 F von einem Rufenden entfernt, so gelangt eine laut gerufene Silbe nach $^1/_{18}$ Secunde bis zu der Wand, und von da in $^1/_{18}$ Secunde wieder zurück; der Rufende hört also das Echo $^1/_9$ Secunde nach der gesprochenen Silbe, und kann es folglich deutlich unterscheiden. Ist die Wand 2×58 F so gelangt das Echo erst nach $^2/_9$ Secunde zum Rufenden zurück; derselbe kann also zwei Silben schnell hinter einander in $^1/_9$ Secunde aussprechen, und hört erst das Echo der ersten Silbe $^1/_9$ Secunde nach der zweiten gesprochenen, vernimmt es also deutlich, und ebenso wieder nach $^1/_9$ Secunde das Echo der zweiten Silbe. So ist bei der dreifachen Entfernung ein dreisilbiges Echo möglich u. s. f. Ein mehrfaches Echo entsteht durch Zurückwerfung der Schallwellen an mehreren in verschiedener Entfernung und Stellung befindlichen Flächen.

§. 189. Oben (§. 186) wurde erwähnt, daß der Schall sich nach allen Seiten hin ausbreitet, und daher im Verhältniß der Quadrate dieser Entfernungen an Stärke abnimmt. Wenn man diese Ausbreitung hindert, indem man in ein cylindrisches Rohr spricht, so wird der Schall sich in demselben in fast unveränderter Stärke fortbewegen; man nennt eine solche Röhre ein Communicationsrohr (jetzt häufig in den Mühlen, die nach amerikanischer Weise eingerichtet sind, angewendet, um sich durch dasselbe in den über einander liegenden Stockwerken zu verständigen). — Mit Hülfe einer sich nach

vorn kegelförmig erweiternden Röhre, dem sogenannten Sprachrohre, kann man die Stimme des Menschen weithin noch vernehmbar machen; es werden die in die engere Oeffnung gesprochenen Schallwellen durch die Reflexion an den Wänden des Rohrs ziemlich als ein Cylinder zur weitern Oeffnung hinausgeworfen (es muß dazu aber der Winkel des Kegels ein bestimmter sein). — Das Hörrohr ist eine Röhre, welche an dem einen Ende trichterförmig erweitert, und an dem andern eng ist; die enge Oeffnung setzt man in das Ohr, und richtet die weitere gegen den Sprechenden hin. Es werden auf diese Weise eine größere Menge Schallstrahlen aufgefangen, und durch den sich verengernden Canal dem Ohre zugeführt.

§. 190. Das menschliche Ohr besteht äußerlich aus der Ohrmuschel und dem äußern Gehörgange, der nach innen zu durch das Trommelfell geschlossen ist. Hinter dem Trommelfelle befindet sich die Trommel- oder Paukenhöhle, in welcher vier kleine Knöchelchen liegen, der Hammer, der Amboß, das linsenförmige Bein und der Steigbügel. Aus der Trommelhöhle geht eine Oeffnung hinten in den Mund oder in den Schlundkopf, die Eustachische Röhre; ferner befinden sich in der Trommelhöhle zwei Oeffnungen, deren eine (die eirunde Oeffnung) der Steigbügel mit seinem Fuße schließt, und deren andere (die runde Oeffnung) mit einer Membran geschlossen ist. Hinter diesen Oeffnungen befindet sich das Labyrinth, das aus dem Vorhofe und einem spiralförmig gewundenen Theile, der Schnecke, besteht. In diesem Labyrinthe breitet sich der Gehörnerv aus; es ist angefüllt mit einer Flüssigkeit, dem sogenannten Gehörwässerchen. Die Luft in der Trommelhöhle kann sich in ihrer Spannung durch die Eustachische Röhre stets mit der atmosphärischen Luft ins Gleichgewicht setzen. Die zu dem Trommelfelle gelangten Schwingungen werden theils durch die an einander liegende Reihe der oben genannten vier Knöchelchen der eirunden Oeffnung, theils durch die Luft in der Trommelhöhle dem runden Fenster, und von beiden dann dem Gehörwässerchen, und den in diesem liegenden Ausbreitungen des Gehörnervens mitgetheilt. Das ganze innere Gehörorgan liegt in einem sehr festen Knochen (dem Felsenbein) eingeschlossen; daher können auch Schwingungen, welche den festen Theilen des Kopfes mitgetheilt werden, durch diese zum Gehörnerven geleitet werden.

Zehnter Abschnitt.

Von dem Lichte.

§. 191. In dem vorigen Jahrhundert und in den ersten beiden Decennien des jetzigen glaubte man das Licht betrachten zu müssen, als eine außerordentlich feine Materie, welche von dem leuchtenden Körper ausströme, und durch ihren Eintritt in das Auge die Empfindung des Lichtes verursache (Emanations- oder Emissionstheorie). Diese Ansicht über die Natur des Lichtes hatte durch die von Newton angestellten Versuche ihre allgemeine Geltung erhalten. Vor Newton hatte schon Huyghens das Licht (analog dem Schalle), als Schwingungen in einem sehr feinen elastischen Mittel, Aether genannt, betrachtet, und die damals bekannten Erscheinungen aus dieser Theorie (Vibrations- oder Undulationstheorie) erklärt. Newton

glaubte, diese Wellentheorie, weil sie eines das ganze Weltall erfüllenden Aethers bedurfte, nicht mit der Bewegung der Planeten vereinigen zu können; es zeigten die Planetenbahnen nämlich, daß diese Himmelskörper keinen Widerstand bei ihren Bewegungen erlitten, und einen solchen hätte nach ihm der Aether darbieten müssen. Es läßt sich aber der Aether sehr wohl von solcher geringen Dichte denken, daß er diesen dichten Planetenmassen keinen merklichen Widerstand leistet, während er für die ebenfalls dünnen, noch dunstförmigen Massen der Kometen vielleicht einen solchen darbietet, wofür gewisse Erscheinungen zu sprechen scheinen. Euler nahm deßhalb wieder die Vibrationstheorie auf; doch wurde derselben erst durch die Arbeiten von Young und Fresnel die allgemeine Anerkennug zu Theil.

Für die nächsten Paragraphen wird es völlig gleichgültig sein, welcher der beiden Theorien man folgt; es wird deßhalb zunächst von einer speciellen Theorie des Lichtes nicht die Rede sein.

§. 192. Man theilt in Beziehung auf das Licht die Körper in leuchtende und dunkle; die erstern erscheinen in ihrem eigenen Lichte, die andern vermag man aber nur in Folge des von ihnen zurückgeworfenen Lichtes der Sonne oder anderer leuchtender Körper zu sehen. Ferner kann man unterscheiden durchsichtige und undurchsichtige Körper. Die durchsichtigen gewähren dem Lichte in größerer oder kleinerer Menge einen Durchgang, während die undurchsichtigen einen solchen nicht verstatten.

Das Licht verbreitet sich von einem leuchtenden Punkte aus in graden Linien nach allen Richtungen. Ein leuchtender, frei stehender Punkt wird von allen Seiten gleichmäßig gesehen; wird aber in die gerade Linie, welche den leuchtenden Punkt mit dem Auge verbindet, ein undurchsichtiger Körper gebracht, so wird der leuchtende Punkt nicht mehr gesehen.

Den Raum hinter einem undurchsichtigen Körper, in welchen kein Licht von dem leuchtenden Punkte gelangt, nennt man Schatten. Ist der undurchsichtige Körper, z. B. eine Kugel C, Fig. 118, so bildet der Schatten den kegelförmigen Raum D A B E, also einen Theil des Kegels, der mit seiner Spitze in F liegt, und mit seiner Oberfläche die Oberfläche der Kugel in einem Kreise berührt. — Wird das Licht nicht von einem einzigen Punkte, sondern von einer leuchtenden Fläche ausgesendet, so wird es hinter einem dunkeln Körper erstens Stellen geben, wohin von keinem Theile des leuchtenden Körpers Licht gelangt, und zweitens andere Stellen, welche das von einigen Theilen des leuchtenden Körpers ausgehende Licht noch zu treffen vermag. Die erstern bilden den Kernschatten, die zweiten den Halbschatten.

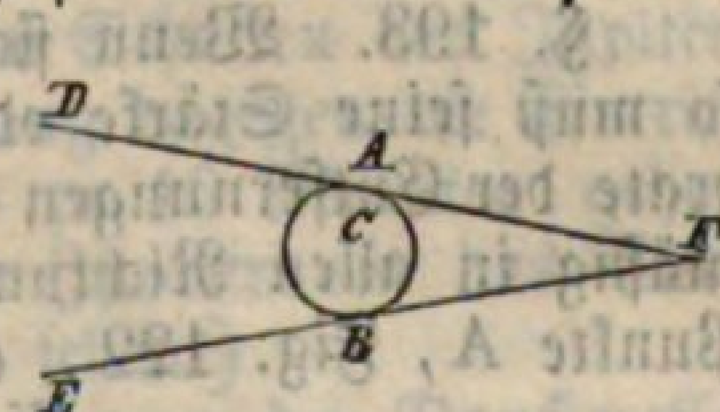


Fig. 118.

Die Gestalt beider Schatten hängt von der Größe und Lage des leuchtenden und schattenwerfenden Körpers ab. Es mögen beide Körper zwei Kugeln sein, und zwar sei zunächst die leuchtende Kugel A, Fig. 119, ebenso groß als die schattenwerfende B. Von dem obersten Punkte C aus gelangt gar kein Licht in den kegelförmigen Raum G E F H, und von dem untersten Punkte D gelangt gar kein Licht in den kegelförmigen Raum J E F K. In den cylindrischen Raum G E F K bringt folglich weder von dem obersten, noch von dem untersten Punkte des leuchtenden Körpers Licht, also auch nicht von einem zwischen C und D gelegenen. Dieser cylindrische Raum G E F K bildet den vorhin sogenannten Kernschatten. In den Raum J E G und

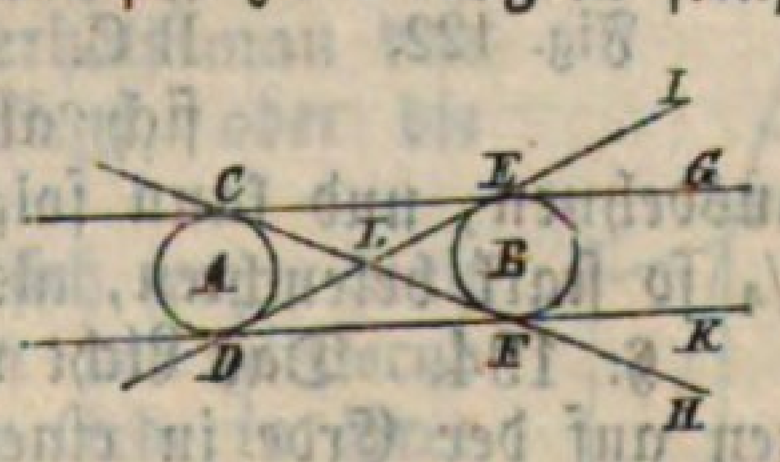


Fig. 119.

K F H bringt dagegen das Licht von einigen Theilen des leuchtenden Körpers; die verschiedenen Stellen dieses Halbschattens werden nun von um so weniger Punkten beleuchtet, je näher sie dem Kernschatten liegen, und von um so mehreren, je mehr sie sich dem von allen Punkten des leuchtenden Körpers beschienenen Raume nähern. Stellt man das Auge in den Kernschatten, so sieht man von dem leuchtenden Körper gar nichts, bringt man dasselbe dagegen in den Halbschatten, so sieht man um so mehr vom leuchtenden Körper, je mehr man sich der Grenze des vollen Lichtes nähert.

Die Form des Kernschattens ändert sich, wenn die beiden Kugeln A und B nicht gleich groß sind. Ist A, Fig. 120, größer als B, so ist E G F der Kernschatten und I E F H die Grenze des Halbschattens. Steht ein Auge in der Linie A K hinter G, z. B. in K, so erscheint ihm der dunkle Körper in der Mitte des leuchtenden, dessen Rand ringsum allein sichtbar wird. (Ist A die Sonne, B der Mond, und steht die Erde in M, so ist die Sonnenfinsterniß partial, steht sie in N, so ist sie total; steht sie in K, so ist sie ringförmig). —

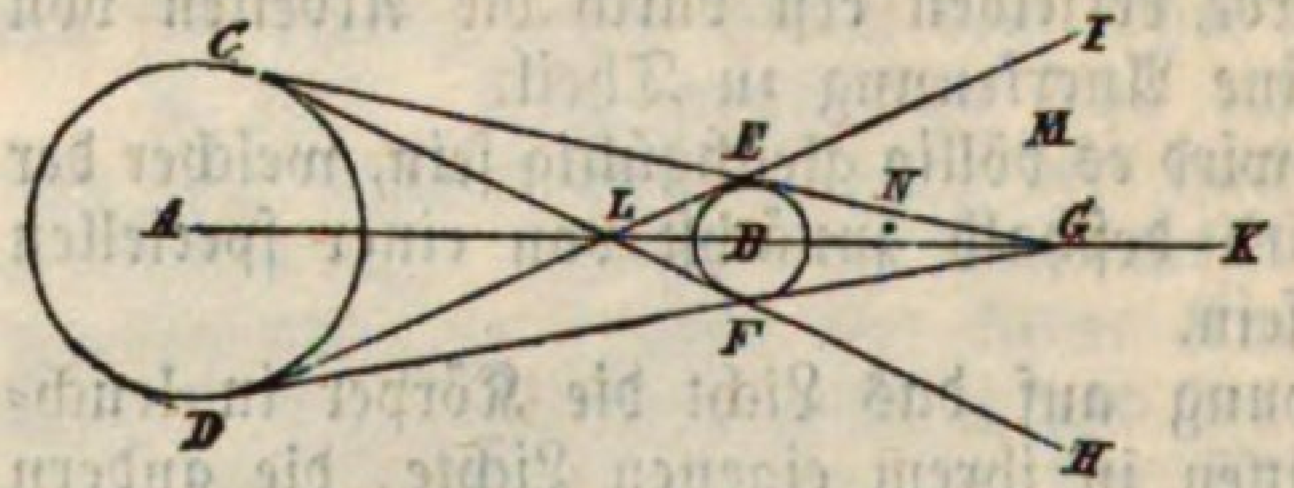


Fig. 120.

Ist der leuchtende Körper A, Fig. 121, kleiner als der dunkle B, so ist wieder I E F H der Halbschatten und G E F K der Kernschatten.

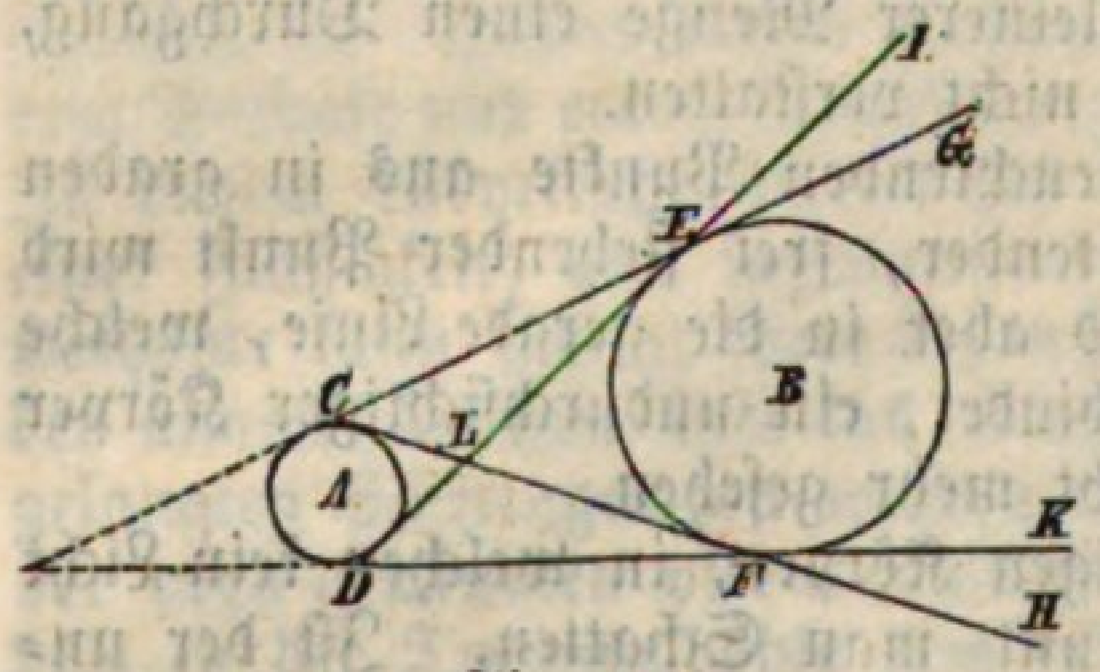


Fig. 121.

Die an die Außenseite angelegten Tangenten begrenzen stets den Kernschatten, die sich innerhalb der Körper in L durchkreuzenden C H und D I dagegen den Halbschatten.

§. 193. Wenn sich das Licht von einem leuchtenden Punkte ausbreitet, so muß seine Stärke oder Intensität im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen stehen. Da das Licht sich von einem Punkte gleichmäßig in allen Richtungen ausbreitet, so wird z. B. von dem leuchtenden Punkte A, Fig. 122, eine bestimmte Lichtmenge auf die Kugeloberfläche B C auffallen; aber genau dieselbe Menge Licht wird von demselben Punkte A auch nur auf die Oberfläche der größern Kugel D E gelangen. Die Oberflächen zweier Kugeln verhalten sich wie Quadrate der Radien (also hier wie die Quadrate der Entfernungen); ist also die Entfernung A D zwei Mal so groß als A B, so ist die Oberfläche der größern Kugel D E viermal größer als die der kleinern B C. Dieselbe Lichtmenge, welche auf B C auffällt, muß sich also in D E auf einen vier Mal größeren Raum ausdehnen, und kann folglich einen jeden Punkt der größern Oberfläche nur $\frac{1}{4}$ so stark beleuchten, als jeden Punkt der nähern Kugel.



Fig. 122.

§. 194. Das Licht verbreitet sich so geschwind, daß es alle Entfernungen auf der Erde in einer unmeßbar kurzen Zeit zurücklegt; man darf sich deßhalb nicht wundern, wenn die zwischen zwei Punkten der Erde (auf ähnliche Weise wie beim Schalle §. 186) angestellten Versuche zur Bestimmung dieser Geschwindigkeit kein Resultat gegeben haben. Olof Römer bestimmte diese Geschwindigkeit des Lichtes zuerst durch die Beobachtung der Verfinsterungen

der Jupiterstrabanten. Es bedeute S, Fig. 123, die Sonne, E die Erde, I den Jupiter, und M einen Mond des Jupiters. Denkt man sich, es träte der Mond des Jupiters M eben aus dem Schatten des Letztern heraus, so wird das von ihm ausgehende Licht erst nach einiger Zeit auf der Erde in E anlangen; der Beobachter auf der Erde wird also den Jupitersmond erst sehen, nachdem er einige Zeit aus dem Schatten des Jupiters herausgetreten und von der Sonne beleuchtet worden. Denkt man sich noch eine zweite Erde in E′, so wird ein auf dieser befindlicher Beobachter den Jupitersmond erst sehen, nachdem das Licht auch noch den Weg von E bis E′ zurückgelegt hat. Das Licht gebraucht, um von E nach E′ zu kommen, 16 Minuten und 26,4 Secunden. So wie der Jupitersmond auf der Erde nicht gleich sichtbar wird, wenn er wieder von der Sonne erleuchtet wird, so kann er auch umgekehrt nicht augenblicklich verschwinden, wenn er in den Schatten des Jupiters eintritt. Er wird dem in E befindlichen Beobachter noch so lange sichtbar bleiben, als der (wenn der Vergleich erlaubt ist), von ihm ausgegangene Lichtfaden von der Länge M E nöthig hat, um in das Auge des Beobachters einzulaufen; der Beobachter in E′ sieht ihn noch so lange, als das Licht braucht, um den Raum M E′ zurückzulegen. Es gibt nun zwar keine zweite Erde E′ in der angegebenen Stellung; aber unsere Erde E wird, wenn sie jetzt dem Jupiter möglichst nahe steht, nach und nach sich weiter von ihm entfernen, und gegen ihn sich auch einmal in der Stellung E′ befinden. Wenn die Erde sich von dem Jupiter entfernt, so werden die Austritte des Jupitersmondes aus dem Schatten des Jupiters immer später und später eintreten, bei der Annäherung dagegen die Eintritte immer früher erfolgen; die Unterschiede werden bis zu 16 Minuten gehen. (Man kann während der Entfernung der Erde vom Jupiter nur das Ende, bei der Annäherung nur den Anfang der Finsterniß sehen.) —

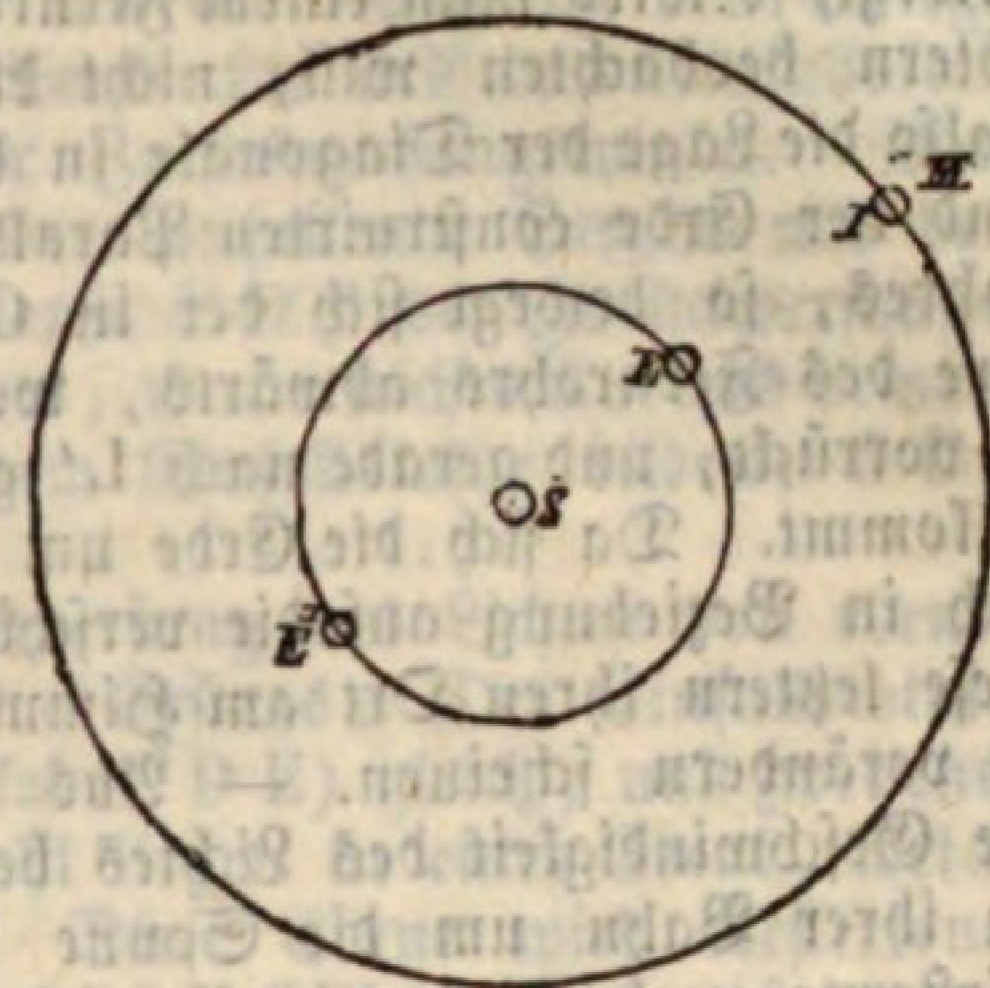


Fig. 123.

Da das Licht, um von E bis E′ zu kommen, also um den Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen 16′ 26,4″ gebraucht, so hat es, um von der Sonne zur Erde zu gelangen, nur die Hälfte, also 8′ 13,2″ nöthig. Die Sonne muß folglich schon 8 Minuten ungefähr aufgegangen sein, ehe man sie sieht (ohne Rücksicht auf die Strahlenbrechung), und noch 8 Minuten lang sichtbar bleiben, nachdem sie schon unter den Horizont getreten ist.

Macht man die Minuten zu Secunden, und dividirt durch sie die Entfernung der Erde von der Sonne, so erhält man den Raum, den das Licht in einer Secunde zurücklegt, oder die Geschwindigkeit des Lichts = 42,000 Meilen.

§. 195. Die Geschwindigkeit des Lichtes läßt sich ferner auch noch aus der von Bradley entdeckten Aberration der Fixsterne bestimmen. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Erde in ihrer Bahn sich bewegt, ist nämlich im Verhältniß zur Geschwindigkeit des Lichtes keine zu vernachlässigende Größe. Denkt man sich, daß von einem Sterne Lichtstrahlen O L′, Fig. 124, ausgehen, und den Weg O′ L und O L′ in derselben Zeit zurücklegen, während welcher die in L befindliche Erde sich von L nach L′

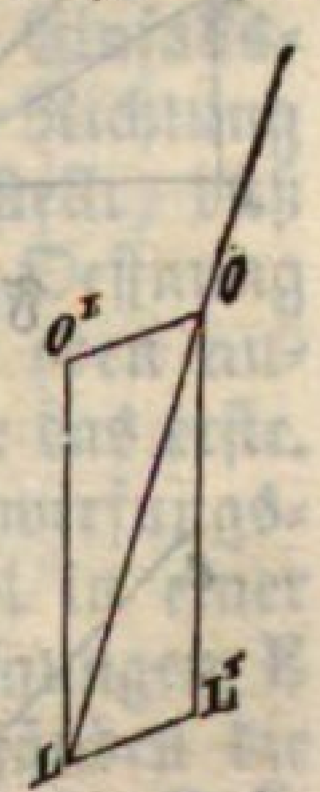


Fig. 124.

bewegt, so wird man einem Fernrohr, mit welchem man von der Erde aus den Stern beobachten will, nicht die Lage O′ L geben, sondern die Lage O L (also die Lage der Diagonale in dem aus beiden Geschwindigkeiten des Lichtes und der Erde construirten Parallelogramme). Ist O L die Länge des Fernrohres, so bewegt sich der in O eintretende Lichtstrahl O L′ genau in der Axe des Fernrohrs abwärts, weil das Fernrohr mit der Erde von L nach L′ vorrückt, und gerade nach L′ gelangt, wenn der Lichtstrahl ebenfalls in L′ ankommt. Da sich die Erde um die Sonne bewegt, und ihre Geschwindigkeit sich in Beziehung auf die verschiedenen Sterne nicht gleichbleibt, so werden diese letztern ihren Ort am Himmel nach einem bestimmten Gesetze ein wenig zu verändern scheinen. — Aus der Größe dieser Aenderung läßt sich dann die Geschwindigkeit des Lichtes bestimmen, da die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn um die Sonne bekannt ist. (Es ist diese Aberration der Fixsterne zugleich ein thatsächlicher Beweis für das copernicanische Weltsystem, daß nämlich die Erde sich um die Sonne bewegt.)



Fig. 125.

§. 196. Wenn man von einem Punkte A, Fig. 125, und ebenso von B aus einen Gegenstand C beobachtet, so machen die beiden Gesichtslinien A C und C B einen Winkel mit einander, den man die Parallaxe oder den parallaktischen Winkel nennt. Dieser Winkel wird um so größer, je näher der Gegenstand C an A und B, und je länger die Linie A B ist. Bedeutet der Kreis um C, Fig. 126, die Erde, und B den Mond, so sieht ein in A befindlicher Beobachter den Mond gerade am Horizonte in der Richtung A B, während ein im Mittelpunkte der Erde C befindlicher Beobachter denselben in der Richtung C B erblickt. Diese beiden Richtungen A B und C B bilden den Winkel A B C, der die Horizontalparallaxe des Mondes (oder, wenn B die Sonne ist, die Horizontalparallaxe der Sonne) heißt. Kennt man den Erdradius A C und diese Horizontalparallaxe des Mondes, so kann man aus dem rechtwinkeligen Dreieck A C B die Entfernung des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde C durch eine leichte trigonometrische Rechnung finden.



Fig. 126.

§. 197. Den Winkel, welchen die beiden von den äußersten Punkten eines Gegenstandes A B, Fig. 127, ausgehenden Strahlen im Auge C mit einander bilden, nennt man den Gesichtswinkel, unter welchem der Gegenstand dem in C befindlichen Auge erscheint. Entfernt sich das Auge von dem Gegenstande A B bis D, so wird der Gesichtswinkel A D B kleiner, nähert es sich, dagegen größer. Ein größerer Gegenstand A B hat für das in C befindliche Auge offenbar einen größern Gesichtswinkel, als der kleinere Gegenstand a B für das in demselben Punkte C befindliche Auge.

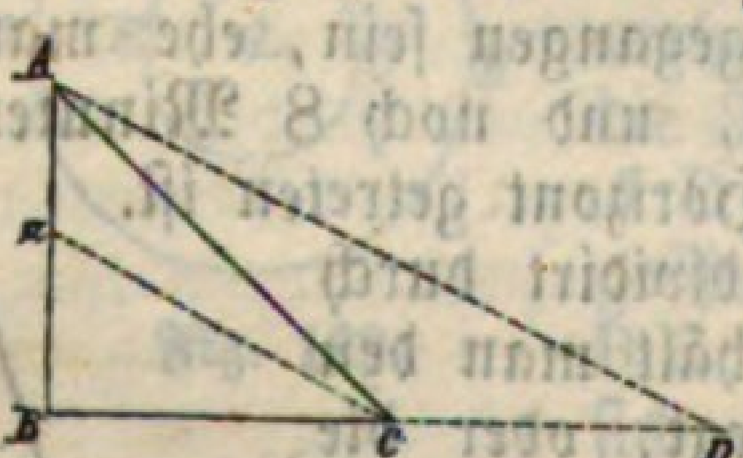


Fig. 127.

§. 198. Wenn Lichtstrahlen auf einen feingeschliffenen und polirten Körper treffen, so werden sie von demselben zurückgeworfen, oder reflectirt. Ist A B, Fig. 128, eine ebene polirte Fläche oder ein Planspiegel, C D der einfallende, und E D der vom Spiegel im Punkte D zurückgeworfene



Fig. 128.

Strahl, und errichtet man im Punkte D, wo der Lichtstrahl den Spiegel trifft, eine Senkrechte D F, so heißt diese Senkrechte D F das Einfallsloth, C D F der Einfallswinkel, und F D E der Zurückwerfungswinkel. Man könnte auch den Winkel C D A, welchen der einfallende Strahl mit dem Spiegel macht, den Einfallswinkel, und ebenso E D B den Zurückwerfungswinkel nennen; im Folgenden werden aber stets, wenn nichts Anderes bemerkt ist, die Winkel, welche die Strahlen mit dem Einfallslothe bilden, C D F und F D E darunter verstanden.

Die Gesetze, nach welchen die Zurückwerfung des Lichtes von ebenen Spiegeln geschieht, sind nun folgende zwei. Erstens: Der Einfallswinkel (C D F) ist jedesmal dem Zurückwerfungswinkel (F D E) gleich; und zweitens: der einfallende und der zurückgeworfene Strahl liegen in einer Ebene, welche auf der spiegelnden Ebene senkrecht steht. Diese Ebene wird Reflerionsebene genannt; in ihr liegt auch die Senkrechte D F. In den folgenden Zeichnungen, welche die ebenen Spiegel betreffen, wird stets, wie auch in Fig. 128 nur diese Reflerionsebene dargestellt werden; der Durchschnitt der spiegelnden Ebene erscheint in derselben nur als gerade Linie (wie vorhin A B).

§. 199. Um sich von der Richtigkeit dieses Grundgesetzes in der Lehre von dem zurückgeworfenen Lichte, oder in der Katoptrik zu überzeugen, kann man folgenden Versuch anstellen. A E C F B, Fig. 129, ist ein in Grade getheilter Halbkreis, um dessen Mittelpunkt D sich zwei Lineale E D und F D bewegen lassen. Diese Lineale verschieben sich dabei auf dem Kreise, und jedes hat an seinem Ende einen kleinen, senkrecht gegen die Ebene des Halbkreises stehenden Ansatz E und F. Jeder dieser Ansätze enthält eine kleine Oeffnung, welche bei beiden gleich weit von der Ebene des Kreises entfernt ist. Von dem höchsten Punkt C, der mit 0 bezeichnet ist, hängt an einem feinen Faden oder

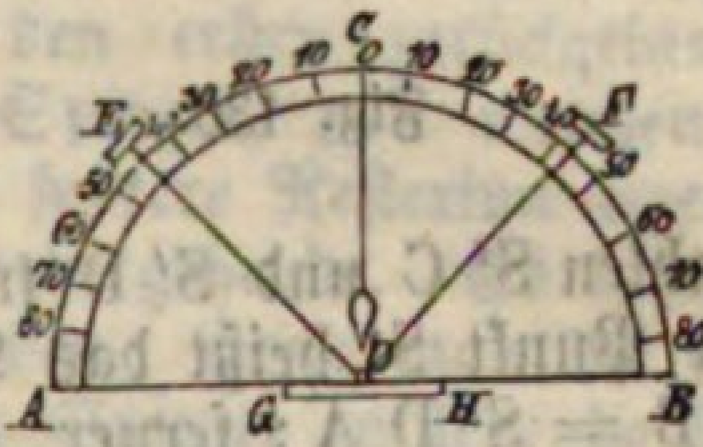


Fig. 129.

Draht ein abgedrehter unten in eine Spitze sich endender Körper als Loth (vertikal) herab, und zwar genau eben so weit von der Ebene des Kreises als die beiden Oeffnungen in E und F von derselben entfernt sind. Alle drei Punkte, die beiden Oeffnungen in E und F und die Spitze des Lothes liegen daher in einer vertikalen Ebene. Stellt man sehr nahe unter die Spitze des Lothes D ein flaches Gefäß G H mit reinem Quecksilber, so bildet dessen Oberfläche einen genau horizontalen ebenen Spiegel. Wenn dann durch die in E befindliche Oeffnung ein Sonnenstrahl in solcher Richtung einfällt, daß er gerade unter der Spitze des Lothes in D die spiegelnde Quecksilberebene trifft, so bildet der Winkel E D C für denselben den Einfallswinkel. Der Strahl wird in D zurückgeworfen, und man findet die Richtung dieses reflectirten Strahles, wenn man das zweite Lineal D F so stellt, daß der in D reflectirte Lichtstrahl gerade durch die in F befindliche Oeffnung hindurchgeht. Es zeigt sich dann, daß das zweite Lineal in der eben angegebenen Stellung denselben Winkel mit dem Lothe bildet, als wie das erste. Dieß beweist, daß der Einfallswinkel C D E gleich ist dem Zurückwerfungswinkel C D F, und daß der einfallende und zurückgeworfene Strahl in einer Ebene liegen, die auf dem Spiegel senkrecht steht, weil die Oeffnungen E und F und das ganze Loth C D in eine Ebene gebracht sind. Fänden die angeführten Gesetze nicht statt, so könnte der reflectirte Strahl nicht die Oeffnung F treffen.

§. 200. Befindet sich ein leuchtender Punkt vor einem Planspiegel, so werden alle von ihm ausgehenden Strahlen unter denselben Winkeln zurückgeworfen, unter denen sie auffallen. Gelangen sie dann später in das Auge, so versetzt das Auge den leuchtenden Punkt an den Ort, von welchem die Lichtstrahlen herzukommen scheinen, also hinter den Spiegel. Da die Divergenz der von dem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen durch die Reflexion an einem Planspiegel nicht geändert wird, so wird das Auge den leuchtenden Punkt ebenso weit hinter den Spiegel versetzen, als er in der That davor liegt.

Es sei A B, Fig. 130, ein Planspiegel, S ein leuchtender Punkt; von S aus verbreiten sich die Strahlen nach allen Seiten; einer wird also auch in der Richtung der senkrechten S C, und ein zweiter in der Richtung S D auf den Spiegel treffen. Beide Strahlen werden zurückgeworfen; S C fällt senkrecht auf, wird daher in sich selbst (also in der Richtung C S) zurückgeworfen; S D wird unter demselben Winkel, unter dem er auffällt, wieder zurückgeworfen, so daß S D E = E D F, oder auch S D A = F D B (weil die letzten beiden Winkel mit den ersten beiden rechte Winkel bilden). Das Auge versetzt nun den leuchtenden Punkt S dahin, wo sich die reflectirten, rückwärts verlängerten Strahlen S′ C und S′ D treffen, also nach S′. Der hier erscheinende leuchtende Punkt S′ heißt das Bild des Punktes S. Es ist der Winkel S D A = F D B = S′ D A; ferner, weil S S′ senkrecht auf A B steht, der Winkel S C D = S′ C D. Die beiden Dreiecke S D C und S′ D C haben also zwei Paare gleicher Winkel, und die Seite C D ist beiden gemein; sie sind folglich congruent. Hieraus folgt, daß S C = S′ C, d. h. das Bild eines leuchtenden Punktes, liegt ebenso weit hinter dem Spiegel, als der leuchtende Punkt vor demselben. Um das Bild eines Punktes zu finden, fällt man also von demselben eine Senkrechte auf den Spiegel (oder, wenn diese den Spiegel nicht trifft, auf die verlängerte Spiegelebene) und verlängert dieß Loth um eine gleiche Größe hinter dem Spiegel. — Alle übrigen, vom Spiegel zurückgeworfenen Strahlen, z. B. G H, scheinen auch aus diesem Punkte S′ zu kommen.

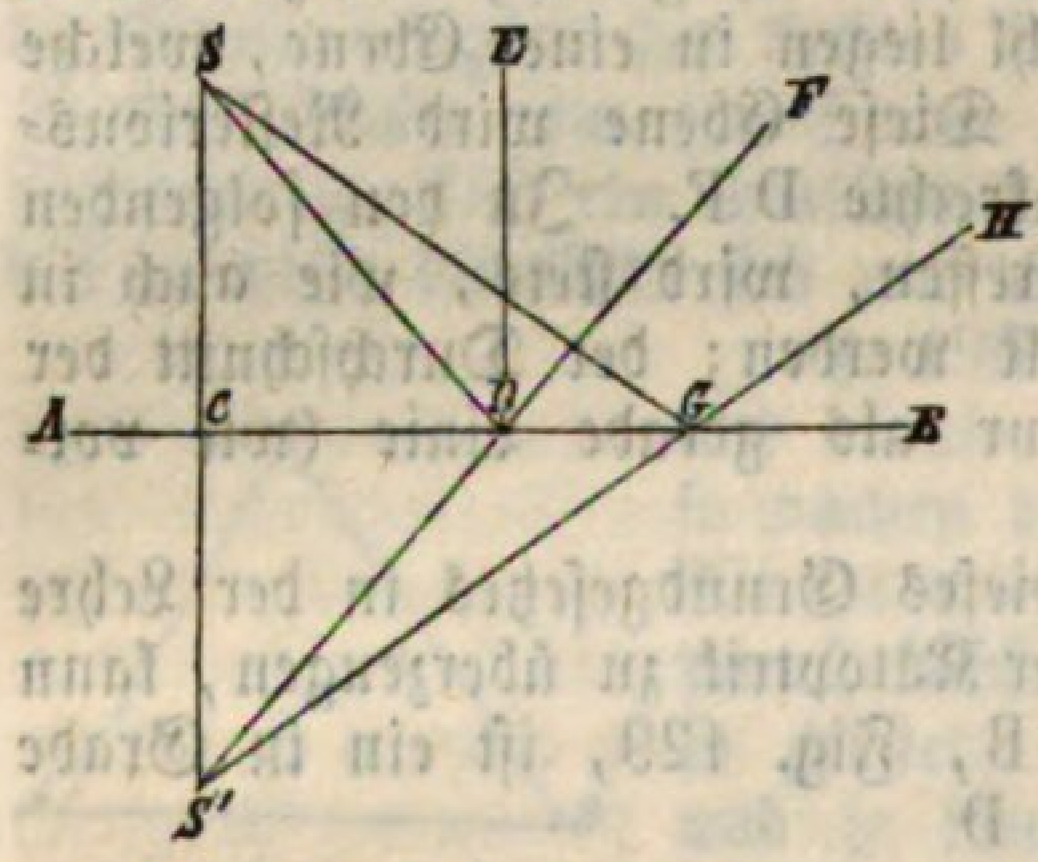


Fig. 130.

§. 201. Befindet sich vor dem Spiegel A B, Fig. 131, ein leuchtender Gegenstand (also eine große Anzahl von leuchtenden Punkten), z. B. ein Pfeil S T, so erhält man das Bild des Pfeiles, wenn man für jeden einzelnen Punkt das Bild sucht. Das Bild von T liegt also in dem Perpendikel T T′ in T′, so daß C T = C T′, und das Bild von S auf gleiche Weise in S′. Ein in O befindliches Auge erhält folglich die von dem Pfeile ausgegangenen und vom Spiegel reflectirten Strahlen so, als ob sie von dem Pfeile T′ S′ kämen. Die ins Auge O gelangenden

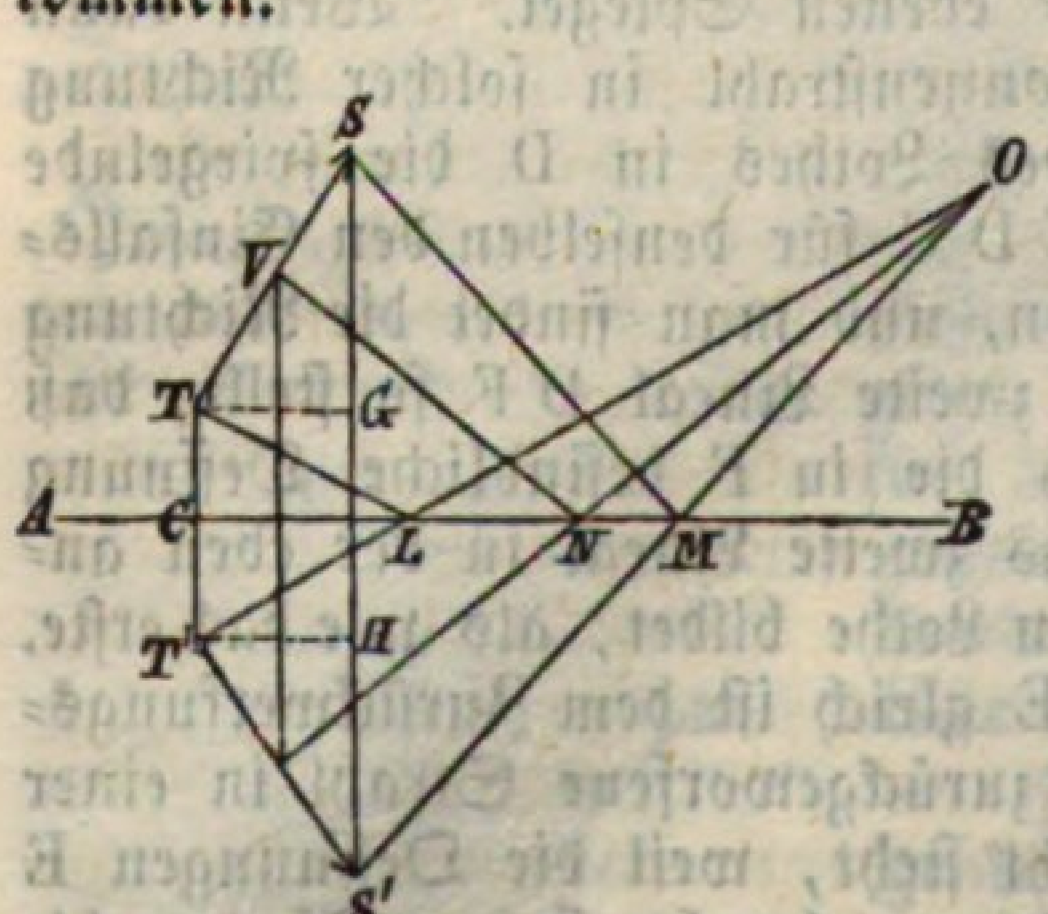


Fig. 131.

Strahlen machen den Weg S M O, V N O, T L O, und eben so auch alle übrigen, nicht gezeichneten. Ein Bild in einem Planspiegel hat, wie sich leicht geometrisch aus der Congruenz der beiden Dreiecke T S G und T' S' H nachweisen läßt, mit dem Gegenstande gleiche Größe, S T = S' T', aber eine von rechts nach links verkehrte Lage, wie jeder genugsam an seinem eigenen Bilde im Spiegel erfahren hat.

Besitzt ein Spiegel A B, Fig. 132, eine Neigung von 45° gegen den Horizont (Winkel A B C = 45°), so erscheinen liegende Gegenstände wie S T, einem vor dem Spiegel in O befindlichen Auge aufrecht, und aufrechte liegend. Das erstere ist gleich aus der Ansicht der Figur deutlich, und das zweite wird es ebenfalls werden, sobald man sich eine entsprechende Figur zeichnet. S' T' ist das im Spiegel A B erzeugte Bild von S T. Ein solcher unter 45° geneigter Spiegel findet sich in dem sogenannten Guckkasten, oder auch in den Panoramen, nur ist in die Oeffnung der vordern Kastenwand D E noch ein Linsenglas eingesetzt, wodurch das in S' T' erscheinende Bild des unten hingelegten Gegenstandes S T vergrößert erscheint.

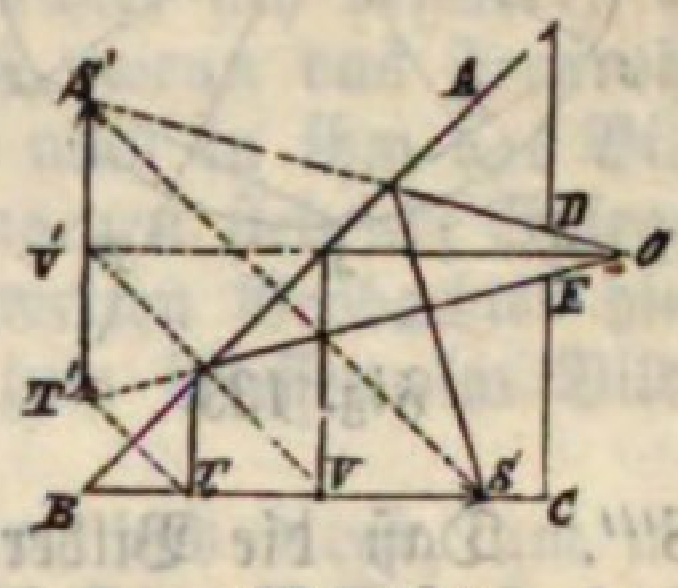


Fig. 132.

§. 202. Stellt man zwei Spiegel einander parallel gegenüber, so werden die von dem einen Spiegel reflectirten Strahlen wieder (zum Theil) auf den andern treffen, von diesem wieder auf den ersten zurückgelangen u. s. f. Bei jeder Reflexion entsteht hinter dem Spiegel, von welchem sie zurückgeworfen werden, ein Bild; jedes durch eine spätere Reflexion erzeugte Bild liegt weiter hinter den Spiegeln, als das vorhergehende. Es ist nicht schwer, die Lage sämmtlicher Bilder genau anzugeben, wenn man die oben angegebene Regel befolgt, und jedes hinter einem Spiegel entstehende Bild wieder als einen leuchtenden Gegenstand betrachtet, der hinter dem andern Spiegel wieder ein neues Bild erzeugt. Da die Bilder immer weiter sich entfernen, so nimmt ihre Lichtstärke ab.

Während die Anzahl der Bilder, welche zwischen zwei parallelen Spiegeln entstehen, unendlich groß ist, so ist die Anzahl der Bilder, welche zwischen zwei unter einem Winkel gegen einander geneigten Spiegeln erscheinen, begrenzt, und allein abhängig von der Größe des Winkels. Nimmt man zwei rechtwinklige, gleich große Stückchen Spiegelglas, befestigt sie auf einem Stückchen Pappe so, daß man sie, wie ein Charnier, mehr oder weniger zusammenlegen (also die Winkel zwischen ihnen vergrößern oder verkleinern) kann und klebt die beiden Enden eines farbigen Bändchens oder Papierstreifens in der Mitte unter den Spiegeln fest, so wird man eine Reihe Bilder von diesem Bändchen in den Spiegeln sehen, deren Anzahl mit dem Winkel zwischen beiden Spiegeln sich ändert. Es gilt für die Anzahl der Bilder als Gesetz: Man sieht den Gegenstand so viele Male, als der Winkel beider Spiegel sich in einem Kreise herum tragen läßt; da hierunter aber der Gegenstand selbst mit begriffen ist, so beträgt die Anzahl der Bilder eines weniger, als eben gesagt. Ist N der Winkel, den beide Spiegelebenen mit einander bilden, so ist $\frac{360}{N} - 1$ die Anzahl der zwischen ihnen entstandenen Bilder. Ist $N = 90°$, so sieht man den Gegenstand vier Mal, erhält also drei Bilder; ist der Winkel 60°, so sieht man den Gegenstand sechs Mal, also fünf Bilder. Sämmtliche Bilder liegen mit dem Gegenstande

selbst auf der Peripherie eines Kreises, dessen Mittelpunkt in der Durchschnittslinie beider Spiegelebenen liegt. Sind C A und C B, Fig. 133, die beiden Spiegel, und ist S der leuchtende Gegenstand zwischen den Spiegeln, so ziehe man durch S einen Kreis, dessen Mittelpunkt C ist. Die von S ausgehenden Strahlen treffen den Spiegel C A (dadurch entsteht ein Bild hinter C A in einem Punkte S′), werden zurückgeworfen auf den andern Spiegel C B (bilden ihr Bild hinter ihm in S″), und gehen wieder zurück auf den ersten Spiegel, um von diesem nochmals reflectirt zu werden (und bilden das Bild S‴). Auf gleiche Weise bilden die von S auf den Spiegel C B fallenden Strahlen ihr Bild in S^{IV}, dann hinter dem Spiegel C A in S^{V}, und zuletzt wieder hinter dem Spiegel C B in S‴. Daß die Bilder auf den Umfang des Kreises fallen, ergibt sich daraus, daß S D = S′ D, und C D senkrecht auf S S′, und der Radius eines Kreises auf der Mitte der Sehne senkrecht steht. Gleiches gilt auch von den übrigen Bildern. Wenn die von S ausgegangenen Strahlen zuletzt das Bild S‴ im Scheitelwinkel der Spiegel A′ C B′ erzeugt haben, so erhalten sie eine solche Richtung, daß sie keinen der beiden Spiegel mehr treffen (sie divergiren dann nämlich von S‴ aus). — Aus zwei solchen gegen einander geneigten Spiegeln besteht das Kaleidoskop; nur statt des vorhin angegebenen Bändchens befinden sich kleine bunte Glasstückchen oder dergleichen vor den Spiegeln, welche zur Abhaltung fremden Lichtes in eine Pappröhre eingeschlossen sind. Durch ein vorgesetztes, mattgeschliffenes Glas wird das Auge gehindert, die außerhalb der Röhre liegenden Gegenstände zu erkennen. Beträgt der Winkel beider Spiegel 60°, so bilden die bunten Körperchen stets einen sechsstrahligen Stern, dessen Strahlen alle gleichgebildet sind.

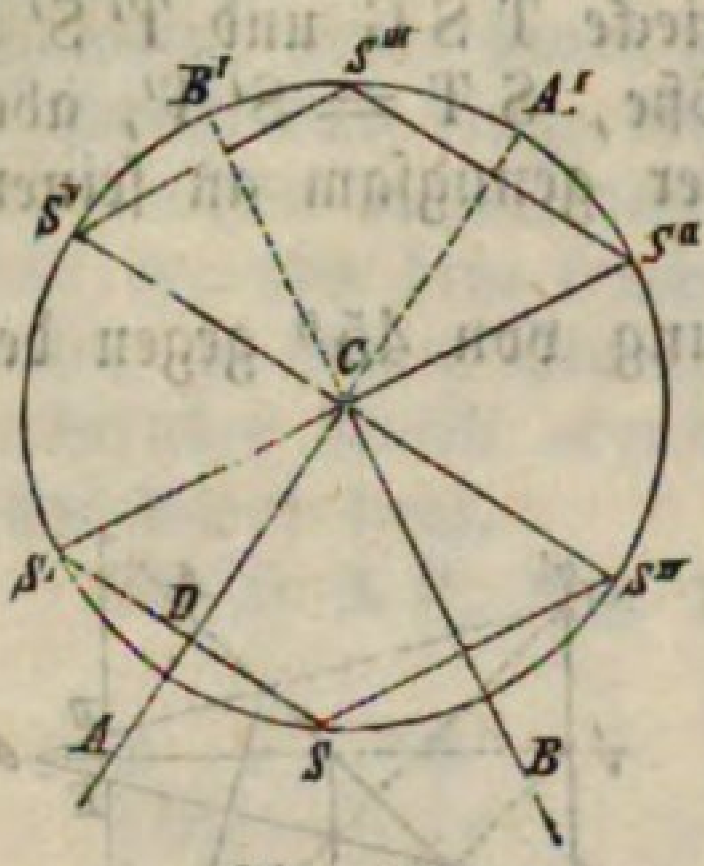


Fig. 133.

§. 203. Eine Anwendung findet der Planspiegel in dem kleinen Sömmering'schen Spiegel, dem Heliostaten, dem Heliotrop, dem Spiegelsextanten und dem Reflexionsgoniometer von Wollaston. Der Sömmering'sche Spiegel ist ein kleiner Stahlspiegel, der noch nicht ganz die Größe einer Linse hat; man befestigt ihn mittelst eines dünnen Stieles an dem Arme eines Stativs, so daß er sich in alle mögliche Lagen verschieben läßt. Man benutzt dieses kleine Spiegelchen zum Nachzeichnen von Gegenständen, besonders bei mikroskopischen Bildern. Beim Nachzeichnen von Gegenständen stellt man den Spiegel über das Papier in die Höhe, in welcher man gewöhnlich das Auge über dem Papiere hält, bringt das Auge dicht über den Spiegel, und erblickt so erstens im Spiegel die Bilder der äußern Gegenstände, die hinter dem Spiegel (also auf dem Papier) zu liegen scheinen, und zweitens das Papier selbst, indem das Auge bei der Kleinheit des Spiegels auch noch neben demselben hinwegsieht. Man kann auch sehr gut die Spitze eines Bleistifts sehen, den man an die Grenzen der Bilder auf das Papier hält, und folglich auch mit demselben die auf dem Papiere erscheinenden Bilder der gesehenen Gegenstände nachzeichnen.

Wenn man durch einen vor dem Fenster angebrachten Spiegel die Strahlen der Sonne auffängt, und auf die hintere Wand des Zimmers zurückwerfen läßt, so behalten sie wegen der Bewegung der Erde nicht dieselbe Richtung; der in das Zimmer eintretende Strahlenbündel ändert an der gegenüberstehenden Wand fortwährend seinen Ort. Will man in den Sonnenstrahlen Versuche anstellen, so werden dieselben sehr bald durch

diese Aenderung gestört werden. Man bringt daher den Spiegel in Verbindung mit einem Uhrwerke, welches denselben stets so richtet, daß der Strahlenbündel im Zimmer seine Lage nicht ändern kann, obgleich die Erde sich immerfort bewegt. Diese Vorrichtung heißt Heliostat.

Der Heliotrop ist eine von Gauß angegebene Vorrichtung, welche aus zwei senkrecht gegen einander stehenden Spiegeln besteht, und vor einem Fernrohr angebracht wird. Sie dient, um bei Vermessungen weithin einen hellen, scharfen Lichtpunkt zu gewähren. Man stellt nämlich das Fernrohr so, daß man den Ort, an welchem ein zweiter Beobachter sich befindet, in der Mitte des Gesichtsfeldes hat, und wendet darauf, wenn das Fernrohr in dieser Lage befestigt ist, den einen Spiegel so, daß man in ihm das Bild der Sonne erblickt; dann wirft der zweite senkrecht dagegen stehende Spiegel das auf ihn fallende Sonnenlicht gerade nach dem zweiten Beobachter hin, der hiedurch einen sehr hellen, scharfen Lichtpunkt zum Messen im Bilde der Sonne erhält.

Der Spiegelsextant ist von Hadley erfunden, und dient, um mit Hülfe eines festen und eines beweglichen Spiegels den Winkel zu messen, den ein Gegenstand mit einem andern bildet. Man stellt nämlich den beweglichen Spiegel so, daß das durch diesen Spiegel gebildete Bild eines Gegenstandes mit dem zweiten ohne Spiegel gesehenen Gegenstande zusammenfällt. Aus der Drehung des beweglichen Spiegels erfährt man den Winkel, den die vom Auge nach beiden Gegenständen gezogenen Gesichtslinien mit einander bilden; man muß diesen Drehungswinkel nämlich gerade doppelt nehmen. Ein großer Vortheil bei diesem Instrumente ist, daß es keines Statives bedarf, sondern in der Hand gehalten wird; es findet deßhalb ganz vorzüglich seine Anwendung auf Schiffen, wo eine feste Aufstellung eines Instrumentes ganz unmöglich ist.

§. 204. Wollaston hat ferner die Reflexion des Lichtes benutzt, um die Winkel der Krystalle mit großer Genauigkeit zu messen. Man befestigt den Krystall mit etwas Wachs auf einem in jede mögliche Stellung zu bringenden Arme, der mit der Axe eines getheilten Kreises zusammenhängt, und stellt diesen Arm so, daß die Kante des Winkels, dessen Größe eben gemessen werden soll, möglichst genau in die Verlängerung der Drehungsaxe fällt. Hat man die Ebene des getheilten Kreises nach einem Lothe vertikal, also die Drehungsaxe desselben horizontal gestellt, so muß auch die Kante des Krystalles horizontal liegen. Man bringt das Auge ziemlich nahe an den Krystall, und dreht denselben so lange, bis man einen bestimmten Gegenstand sich auf jeder der beiden Flächen, welche die Kante bilden, spiegeln sieht, wenn man den Krystall um die Axe des Kreises dreht. Der Winkel, um welchen man den Kreis herum drehen muß, damit die zweite Krystallfläche denselben Gegenstand auf gleiche Weise spiegelt, wie die erste, ist, wie gleich gezeigt werden soll, der Nebenwinkel des Kantenwinkels; man muß also den gefundenen Drehungswinkel von 180° abziehen, um den gesuchten Kantenwinkel zu erhalten. Es sei, Fig. 134, E D F der zu messende Winkel des Krystalles; der leuchtende Punkt oder Gegenstand befinde sich in A, das Auge in C, so erhält letzteres den von der Krystallfläche D E reflectirten Strahl A B C; das Einfallsloth für diesen Strahl hat die Lage G H. Soll der Winkel E D F gemessen werden, so muß der Krystall E D F so lange gedreht werden, bis die Fläche D F an die Stelle von D E

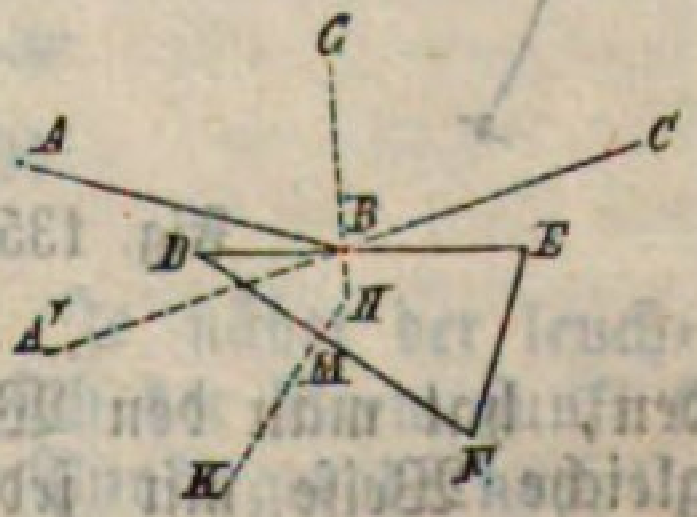


Fig. 134.

gelangt; dann liegt aber auch das Einfallsloth H K an der Stelle von H G; man hat also den Krystall um den Winkel K H G gedreht. In der vierseitigen Figur D B H M sind die Winkel bei M und B rechte Winkel; da nun alle vier Winkel jeder vierseitigen Figur zusammen vier Rechte betragen, so bleiben für die Winkel bei D und H noch zwei Rechte oder 180° übrig, also W. B D M + W. M H B = 180°, und folglich W. B D M = 180° — W. M H B, d. h. der Winkel G H K oder B H M, um welchen der Krystall gedreht wurde, ist der Nebenwinkel des Winkels am Krystall E D F oder B D M. Sehr zweckmäßig wählt man als Gegenstand zum Beobachten eine horizontale Linie in einer nicht zu großen Nähe, z. B. eine horizontale Linie A an einem gegenüberstehenden Gebäude, und stellt die spiegelnde Fläche D E gerade so, daß das Spiegelbild A′ dieser horizontalen Linie mit einer tiefer liegenden, ebenfalls horizontalen (also mit der vorigen parallelen) Linie an demselben Gebäude A′ zusammenfällt. Darauf dreht man den Krystall, bis das Spiegelbild von A auf der zweiten Fläche D F wieder zusammenfällt mit A′, dann hat D F genau dieselbe Lage wie zuvor D E. Der Vortheil, welchen dieser Reflexionsgoniometer darbietet, besteht darin, daß er gerade auf kleine Krystalle, deren Winkel am schärfsten ausgebildet sind, anwendbar ist.

§. 205. Jeden Kreis kann man als ein Vieleck von unendlich vielen Seiten ansehen, und jede einzelne kleine Seite fällt dann mit der Tangente in diesem Punkte des Kreises zusammen; ebenso kann man eine Kugel als ein Polyeder, welches von unendlich vielen kleinen Ebenen begrenzt wird, betrachten, und jede einzelne dieser Ebenen fällt zusammen mit einer Ebene, welche die Kugel an dem betreffenden Punkte berührt. Gleiches gilt auch von andern krummflächigen Körpern. Wenn Lichtstrahlen auf solche, von krummen Oberflächen begrenzte Körper auffallen, so denke man sich dieselben als Polyeder von unendlich vielen kleinen Ebenen; man erhält dann die zurückgeworfenen Strahlen, indem man an dem Punkte, wo jeder Strahl die Fläche trifft, die Reflexion auf der kleinen Ebene als Spiegel geschehen läßt. Von krummflächigen Körpern kommt nur die Oberfläche der Kugel als Spiegel vor, weil diese allein sich mit der erforderlichen Genauigkeit schleifen läßt. Es sollen deßhalb auch nur diese sphärischen Spiegel näher betrachtet werden.

Ist L N, Fig. 135, der Durchschnitt eines Stückes einer hohlen Kugelfläche, deren Mittelpunkt in C liegt, und fällt von S aus in der Richtung S M ein Strahl auf die hohle Seite der Kugel, welche einen Spiegel bildet, auf, so erhält man den zurückgeworfenen Strahl M F, wenn man in M eine Tangente zieht G H, und auf dieser die Reflexion geschehen läßt. Bei einem Kreise steht die Tangente senkrecht auf dem Radius; man erhält also das Einfallsloth für den Punkt M, wenn man den Radius C M zieht. Um den zurückgeworfenen Strahl M F zu finden, hat man den Winkel S M C = C M F zu machen. Verfährt man auf gleiche Weise mit jedem andern, von S auf die Kugelfläche auffallenden Strahle, so werden, wenn das Stück der Kugelfläche nur wenig von der ganzen Kugel beträgt (der W. L C A höchstens 10° mißt), alle von dem

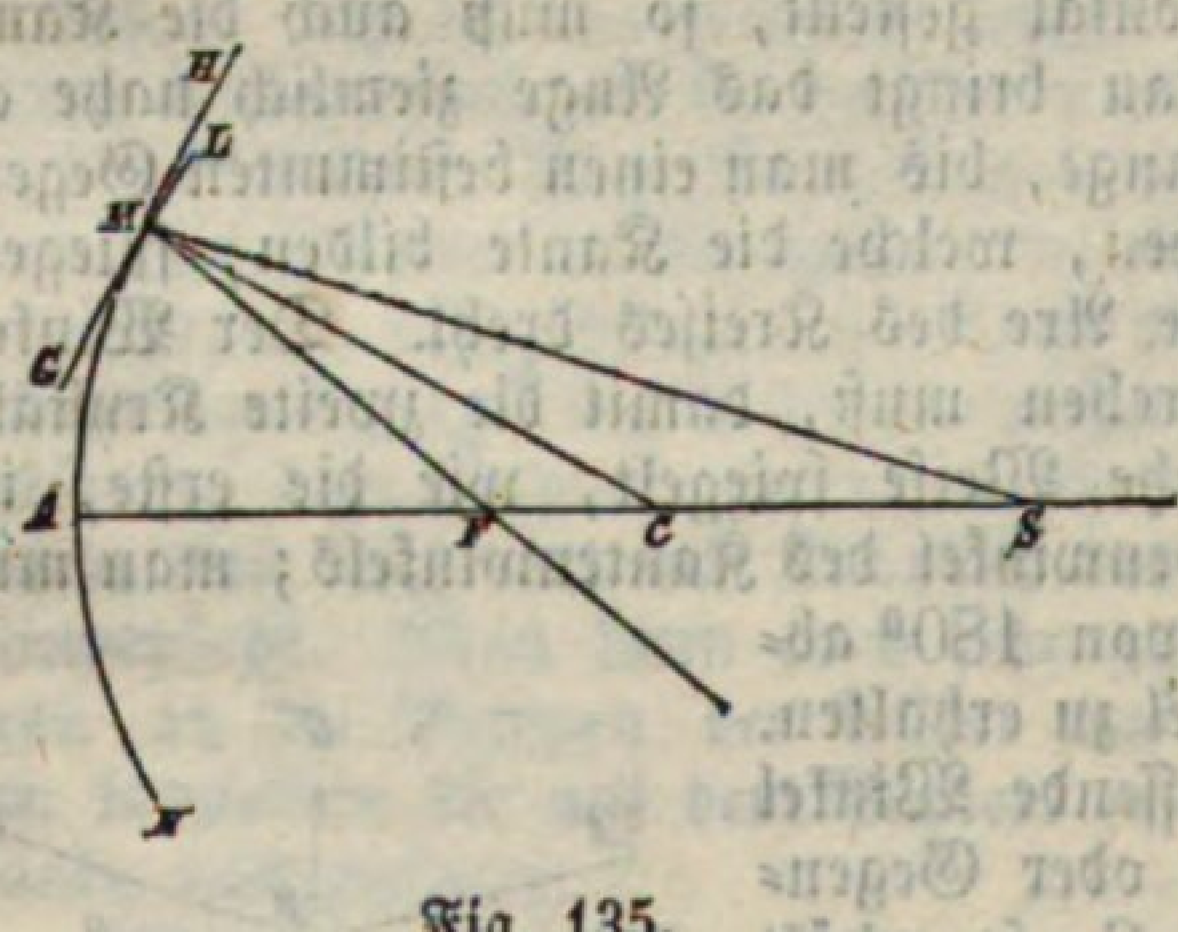


Fig. 135.

Punkte S ausgegangenen, und vom Spiegel reflectirten Strahle sich in einem einzigen Punkte wieder vereinigen, und in diesem Durchschnittspunkte ein Bild erzeugen. Man nennt diesen Punkt den Brennpunkt.

Wenn eben vorausgesetzt wurde, daß sich alle Strahlen in einem Punkte schneiden, so müssen sie sich da schneiden, wo zwei derselben sich schneiden. Um also die Lage des Bildes F oder den Brennpunkt zu finden, genügt es, statt aller, nur zwei Strahle zu verfolgen, und deren Durchschnitt zu suchen. Am bequemsten ist es, für den einen Strahl denjenigen zu wählen, welcher von S aus durch den Mittelpunkt der Kugel C geht, und den Spiegel in A trifft. Da dieser Strahl S C A in der Richtung des Radius, also senkrecht, auffällt, so geht er auch in derselben Richtung A C S wieder zurück. Ein zweiter Strahl S M wird, wie vorhin gezeigt, in der Richtung M F zurückgeworfen. Das durch die von S ausgegangenen, und vom Spiegel reflectirten Strahlen erzeugte Bild muß folglich in demjenigen Punkte liegen, wo der Strahl S C A sich mit dem zurückgeworfenen Strahle M F schneidet, also in F. Die Linie S C A, welche durch den Mittelpunkt C der Kugeloberfläche und durch den Mittelpunkt des Spiegels A geht, heißt die Axe des Spiegels, un dder Punkt A der optische Mittelpunkt desselben.

§. 206. Beträgt die Oeffnung des Spiegels, wie oben vorausgesetzt, nur wenige Grade, so läßt sich die Lage des Bildes, oder des Brennpunktes F für jede Entfernung, welche man dem leuchtenden Punkte S geben kann, durch die Formel $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$, oder $\alpha = \frac{a\,p}{a-p}$ finden, wenn man mit 2 p den Radius der Kugel A C, mit a die Entfernung des leuchtenden Punktes S A, und mit α die Entfernung des Bildes vom Spiegel A F oder die sogenannte Brennweite bezeichnet. Man findet durch die Behandlung dieser Formel, daß, wenn der leuchtende Punkt S unendlich weit liegt, wenn z. B. Sonnenstrahlen auf den Spiegel fallen, die Brennweite gleich p, also gleich dem halben Radius, wird. Strahlen, die von einem unendlich weiten Punkte herkommen, sind einander parallel; es liegt daher die Brennweite für parallel mit der Achse einfallende Strahlen in dem halben Radius. Diese Brennweite für parallele Strahlen nennt man die Hauptbrennweite und den Brennpunkt für parallele Strahlen ebenso den Hauptbrennpunkt des Spiegels. Ist A, Fig. 136, der optische Mittelpunkt des Spiegels C der Kugelmittelpunkt, und sind P M und T N Strahlen, welche parallel mit der Axe S A gehen, so liegt ihr Brennpunkt in F, so daß A F = F C = p = ½ A C.

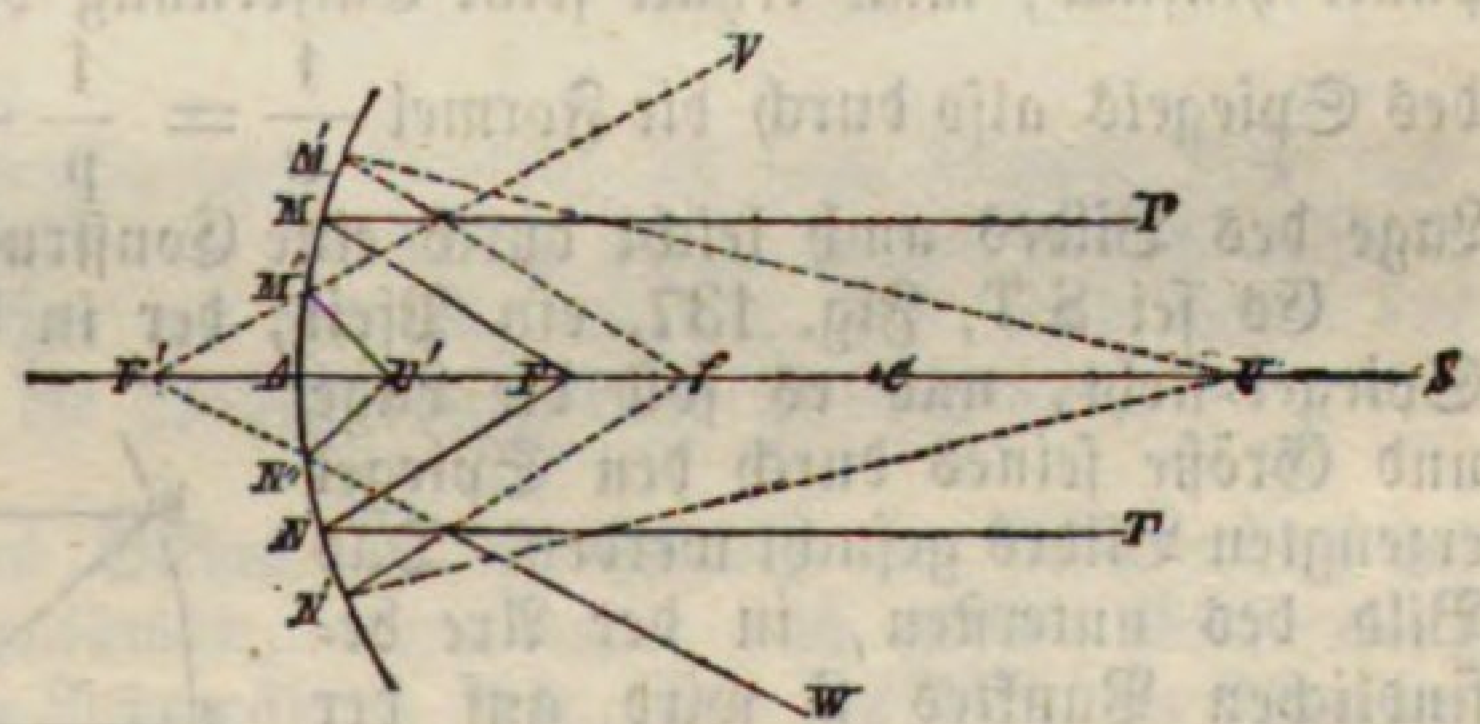


Fig. 136.

Ist der leuchtende Punkt nicht mehr unendlich weit, sondern liegt er in U in der Axe, so werden die von ihm ausgehenden, punktirt gezogenen Strahlen U M′, U N′ sich nach der Reflexion im Punkte f durchschneiden. Je näher der leuchtende Punkt S nach C hinrückt, desto weiter entfernt sich der Brennpunkt f von dem Hauptbrennpunkte F. — Fällt der leuchtende Punkt gerade nach C, also in den Mittelpunkt der Kugel, so fallen alle Strahlen auf den Spiegel (als Radien) senkrecht auf, werden also auch alle senkrecht wieder zurückgeworfen,

und der Brennpunkt f fällt ebenfalls in den Mittelpunkt C, mit dem leuchtenden Punkte zusammen.

Da die auf den Spiegel auffallenden und die von ihm reflectirten Strahlen in einer rein geometrischen Beziehung zu einander stehen, so kann man die vorhin angegebenen Erscheinungen auch umkehren; betrachtet man nämlich die vorhin reflectirten Strahlen jetzt als die einfallenden, so werden die vorhin einfallenden jetzt die reflectirten; nimmt man den frühern Brennpunkt für den leuchtenden Punkt, so wird der früher leuchtende Punkt jetzt der Brennpunkt. Ist also f der leuchtende Punkt, so liegt der ihm entsprechende Brennpunkt in U; je näher der leuchtende Punkt f nach F heranrückt, um so weiter hinaus liegt der Brennpunkt. Fällt der leuchtende Punkt nach F (in die Brennweite), so sind die reflectirten Strahlen P M und T N mit der Axe parallel, und die Brennweite ist für diesen Fall unendlich groß.

Nähert sich jedoch der leuchtende Punkt U', Fig 136, noch mehr dem Spiegel, so kommen die reflectirten Strahlen M'' V, N'' W nicht mehr vor dem Spiegel zum Durchschnitt, sondern sie divergiren von demselben, scheinen also aus einem hinter demselben befindlichen Punkte F' zu kommen, welchen man erhält, wenn man die reflectirten Strahlen M'' V und N'' W rückwärts bis zum Durchschnitt verlängert; die Brennweite A F', wenn man auch jetzt diesen Namen für die Entfernung A F' gebraucht, liegt jetzt vom Spiegel aus nach der entgegengesetzten Seite als vorhin.

§. 207. Wird anstatt des leuchtenden Punktes ein Object, z. B. wieder ein Pfeil vor den Spiegel gestellt, so erhält man durch den Spiegel ein Bild desselben. In Beziehung auf die von Spiegeln und später auch von Linsen erzeugten Bilder gilt nun als allgemeine Regel: Jedes Bild, das durch eine wirkliche Durchkreuzung der Lichtstrahlen entsteht, hat in Beziehung auf den Gegenstand die umgekehrte Lage, und heißt ein wahres Bild (man kann es mit einem Blatt Papier oder mit einer mattgeschliffenen Glastafel auffangen). Jedes Bild aber, das nicht durch eine wirkliche Durchkreuzung der Lichtstrahlen gebildet wird, das man also nur erhält, indem man die zurückgeworfenen (und später bei den Linsen die gebrochenen) Strahlen rückwärts bis zum Durchschnitte verlängert denkt, hat mit dem Gegenstande dieselbe Lage, und heißt ein geometrisches oder virtuelles Bild. — Das Bild liegt stets da, wo für die Entfernung des leuchtenden Objects der Brennpunkt hinfällt, man erhält seine Entfernung von dem optischen Mittelpunkte des Spiegels also durch die Formel $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$. Indeß kann man die Lage des Bildes auch leicht durch eine Construction finden.

Es sei S T, Fig. 137, ein Pfeil, der in der Entfernung A S vor dem Spiegel steht, und es soll die Lage und Größe seines durch den Spiegel erzeugten Bildes gesucht werden. Das Bild des untersten, in der Axe befindlichen Punktes S wird auf der Axe liegen; auf gleiche Weise wird das Bild des obersten Punktes T auf demjenigen Strahle liegen, der senkrecht auf den Spiegel fällt, und in sich zurückgeworfen wird; dieser Strahl T C N muß durch den Mittelpunkt der Kugel C gehen, und heißt ein Hauptstrahl. Um nun das Bild von T zu bestimmen, ziehe man von T noch einen zweiten, mit der Axe A S parallelen

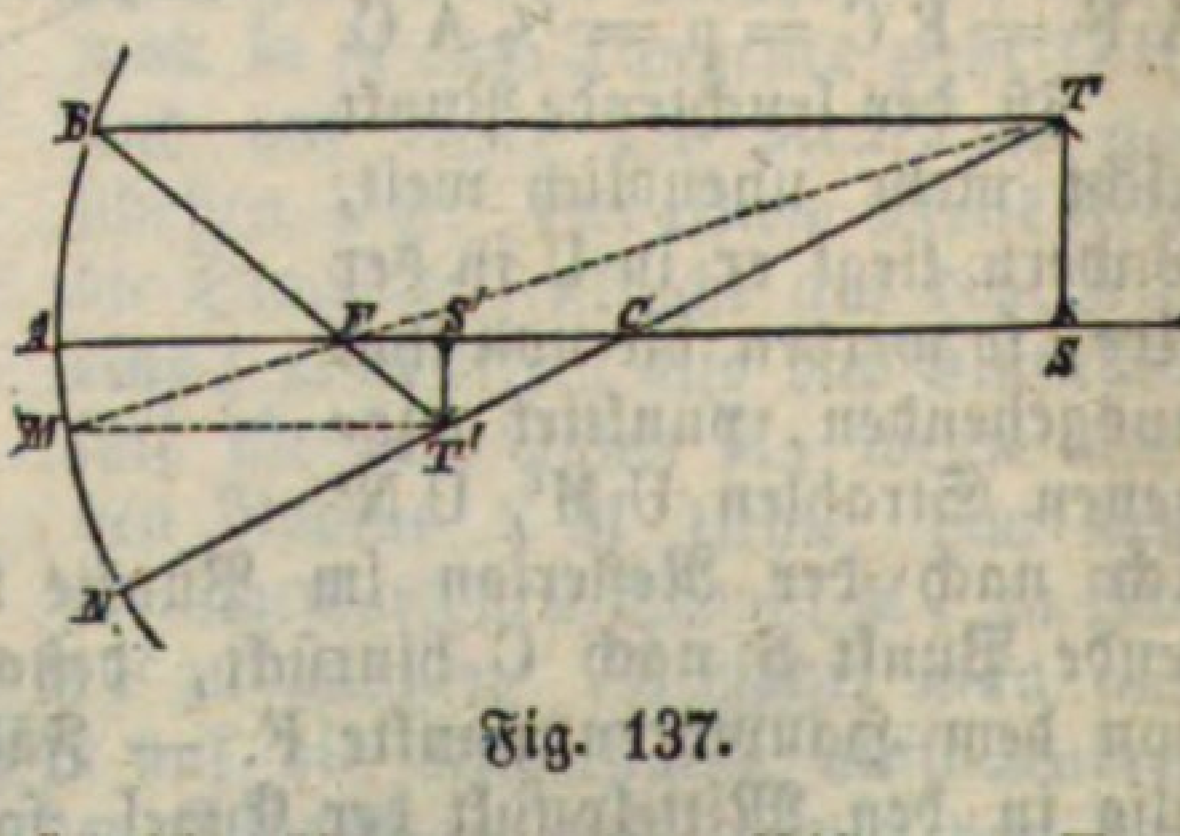


Fig. 137.

Strahl T B. Nach dem Frühern wird dieser durch den Hauptbrennpunkt F (in dem halben Radius) zurückgeworfen in der Richtung B F. Das Bild von T muß in T' liegen, wo sich die beiden reflectirten Strahlen B T' und N T schneiden. Zieht man von T' eine Senkrechte auf A S, T' S', so wird diese das vom Gegenstande S T erzeugte Bild darstellen. Das Bild T' S' ist ein wahres Bild, hat also die umgekehrte Lage in Beziehung zum Gegenstande S T.

Wenn S' T' der Gegenstand wäre, so dürfte man nur die vorige Construction wiederholen, für den Punkt T' den Hauptstrahl N T' C T ziehen, ferner von T' eine Parallele T' M mit S A construiren, und diese durch den Hauptbrennpunkt zurückwerfen lassen M F T; der Durchschnittspunkt zwischen N T und M T gibt T das Bild von T' u. s. w.

§. 208. Das Verhältniß zwischen der Größe von S T und S' T' hängt von der Entfernung ab, welche dieselben vom Mittelpunkte der Kugel C haben. Die Dreiecke S C T und S' C T' sind ähnlich, und man erhält die Proportion S' T' : S T = S' C : S C; diejenige der beiden Linien S T und S' T', welche am weitesten von C entfernt, ist die größere. Steht der Gegenstand in S T, so erhält man ein kleines umgekehrtes Bild in S' T'; steht der Gegenstand in S' T', so erhält man ein vergrößertes, umgekehrtes Bild in S T.

Stellt man den Gegenstand in die Hauptbrennweite, so liegt sein Bild unendlich weit, und ist also unendlich groß; man kann kein Bild mehr wahrnehmen. — Nähert sich der Gegenstand noch mehr dem Spiegel, liegt er innerhalb des halben Radius in U V, Fig. 138, so erhält man durch die Ausführung der vorhin angegebenen Construction (C V V' der Hauptstrahl für den Punkt V, der durch den Kugelmittelpunkt C geht, V M der mit der Axe parallele, MF oder rückwärts verlängert V' M F der reflectirte Strahl, V' der Durchschnitt beider) die Lage des Bildes f V'. Fällt das Bild hinter den Spiegel, so kann es nie ein wahres sein, weil die Strahlen nicht durch den undurchsichtigen Spiegel hindurchdringen können; es liegt folglich stets aufrecht. Da aber auch das Bild f V' in jedem Falle weiter von C absteht, als U V, so ist es immer größer als der Gegenstand, und man findet das Verhältniß ihrer Größe durch die vorhin angegebene Proportion f V' : U V = f C : U C.

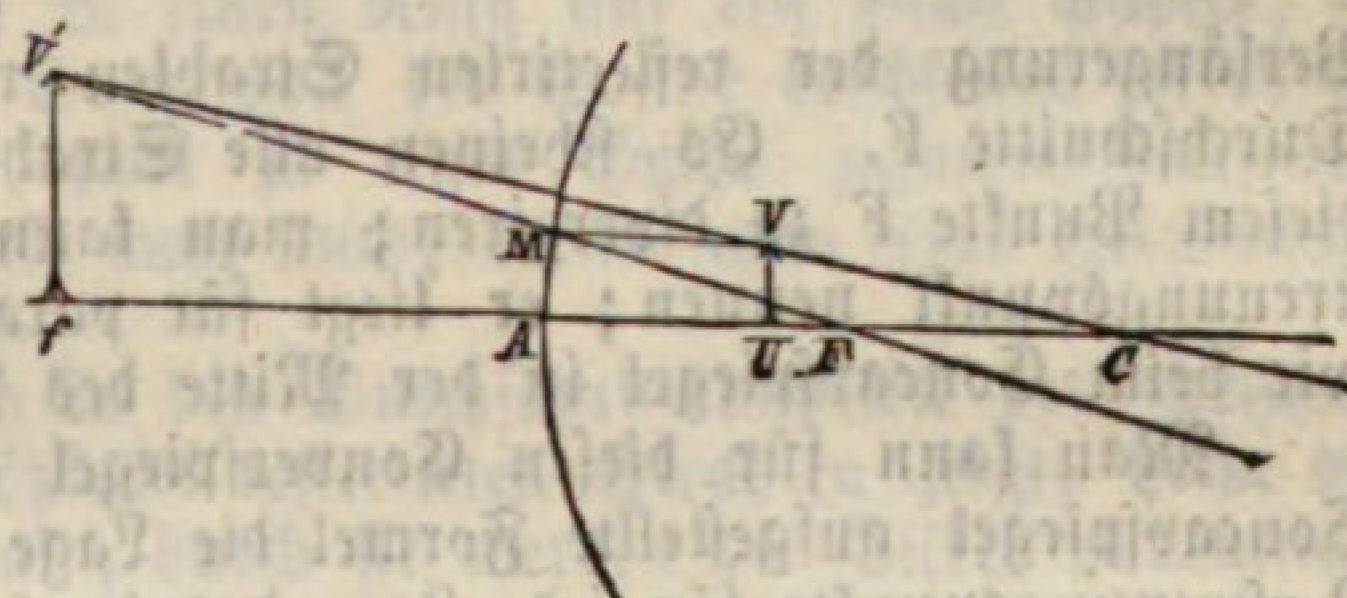


Fig. 138.

Man kann die Lage des Bildes im Verhältniß zur Entfernung des Gegenstandes am besten wahrnehmen, wenn man aus großer Entfernung einem Hohlspiegel allmählig ein Licht nähern läßt, und das Bild der Flamme, so lange es vor den Spiegel als ein wahres Bild liegt, auf einer mattgeschliffenen Glastafel oder einem Blatte Papier auffängt. Nähert man sich selbst einem Hohlspiegel aus einiger Entfernung in der Richtung der Axe, so erblickt man sein Bild im Spiegel verkehrt, und kleiner, so lange man außerhalb des Kugelmittelpunktes C ist, umgekehrt und größer, wenn man sich zwischen dem Mittelpunkte und der Hauptbrennweite befindet, aufrecht und größer, sobald man weniger als um die Hauptbrennweite von dem Spiegel entfernt ist.

Läßt man Sonnenstrahlen auf einen Spiegel fallen, so entsteht das Sonnenbild gerade im halben Radius, und dieß bietet ein bequemes Mittel dar, den Radius der Kugeloberfläche, auf welcher der Spiegel geschliffen wurde, zu bestimmen; er ist gleich der doppelten Hauptbrennweite.

§. 209. Außer den bis jetzt betrachteten Hohl- oder Concavspiegeln gibt es noch erhabene oder Convexspiegel. Während die Hohlspiegel die Lichtstrahlen convergent, oder, wenn sie zu stark divergent sind, doch weniger divergent machen, also der Convergenz näher bringen, so machen umgekehrt die Convexspiegel die Lichtstrahlen divergent, oder vermindern wenigstens ihre Convergenz. Ist L M, Fig. 139, ein Convexspiegel, dessen optischer Mittelpunkt in A, und dessen geometrischer (oder Kugel) Mittelpunkt sich in C befindet, und es fallen parallele Strahlen U L, S A, T M auf den Spiegel, so wird der in der Axe einfallende Strahl in sich zurückgeworfen, weil er senkrecht auf den Spiegel trifft, die anderen dagegen erhalten die Richtung L G und M H. Es entsteht, wie man sieht, durch die Reflexion kein wahres Bild, da die zurückgeworfenen Strahlen sich nicht durchschneiden können, weil sie divergent werden: das erscheinende geometrische Bild erhält man durch Verlängerung der reflectirten Strahlen rückwärts zu ihrem gegenseitigen Durchschnitte F. Es scheinen alle Strahlen nach der Zurückwerfung von diesem Punkte F zu divergiren; man kann deßhalb diesen Punkt den Zerstreuungspunkt nennen; er liegt für parallel auffallende Strahlen gerade wie beim Concavspiegel in der Mitte des Radius, so daß A F = C F.

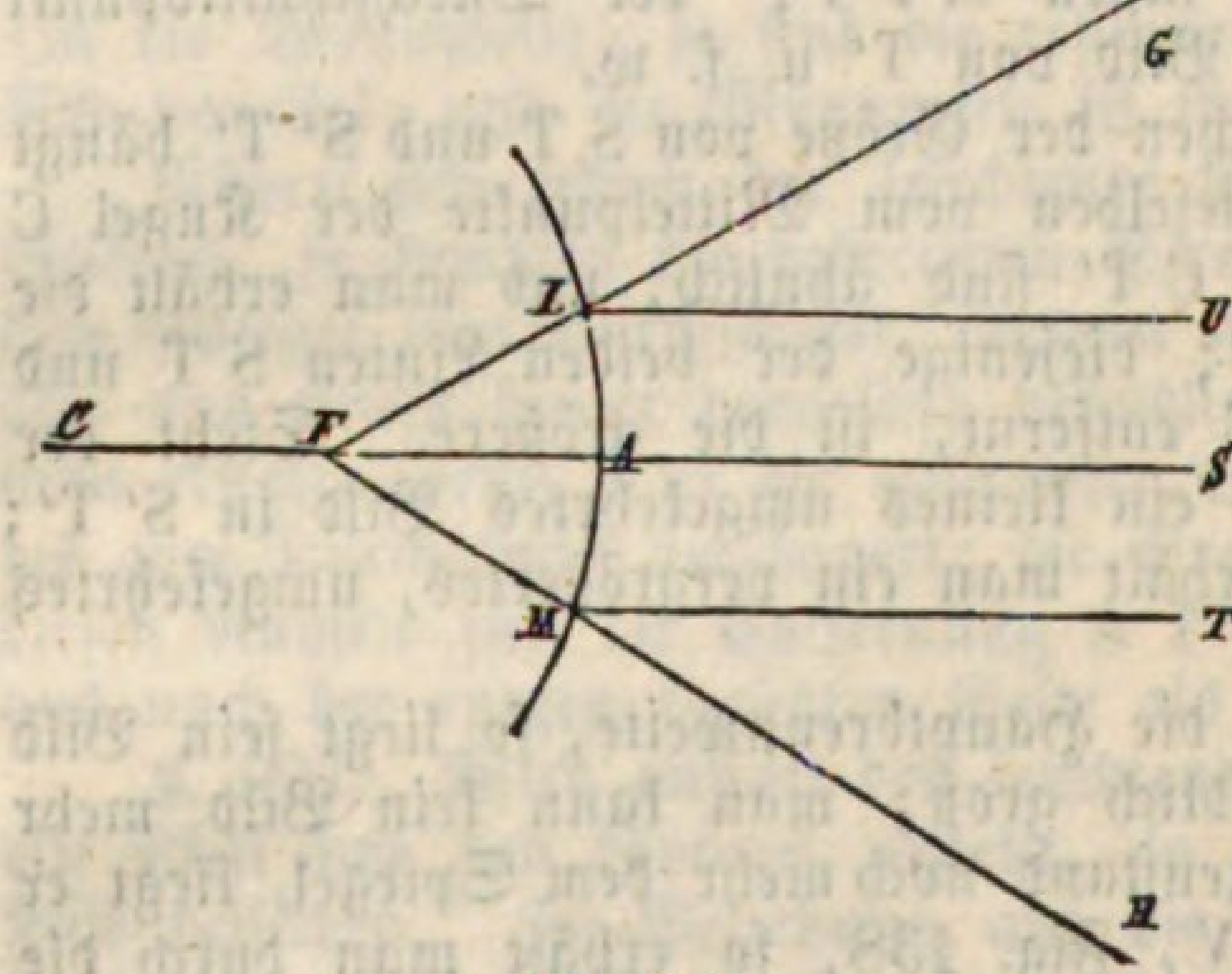
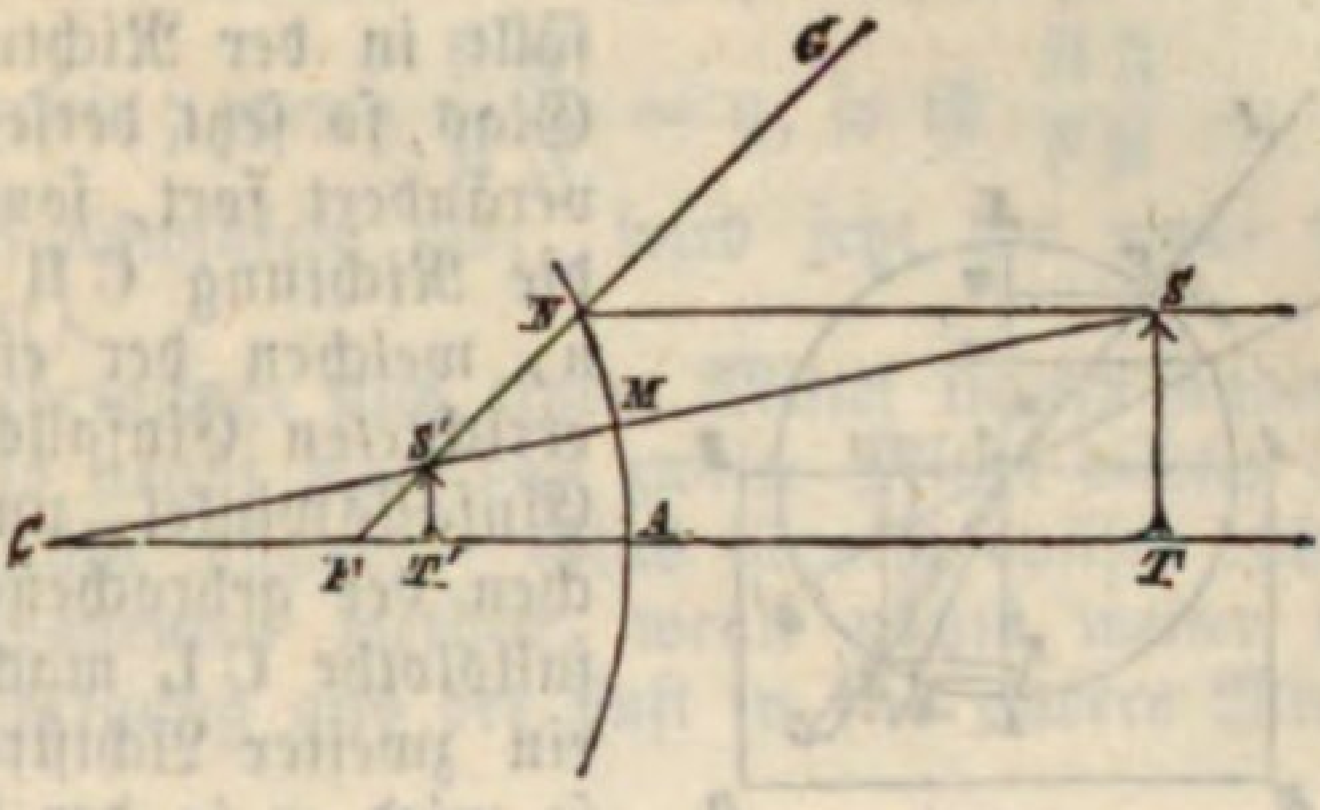


Fig. 139.

Man kann für diesen Convexspiegel sogleich durch die früher für den Concavspiegel aufgestellte Formel die Lage der Brennpunkte oder vielmehr Zerstreuungspunkte für jede Lage des leuchtenden Punktes bestimmen, wenn man nur den Radius des Spiegels 2 p (§. 206) negativ setzt, weil er jetzt gerade entgegengesetzt als früher liegt (hinter dem Spiegel); ist also α die die Brenn- oder Zerstreuungsweite, p der halbe Radius, und a die Entfernung des leuchtenden Punktes, so hat man $\frac{1}{\alpha} = -\frac{1}{p} - \frac{1}{a}$, oder $\alpha = -\frac{a\,p}{a + p}$. So lange divergirende oder parallele, oder schwach convergirende Strahlen auf den Convexspiegel fallen, werden sie divergirend, und das Bild liegt hinter dem Spiegel. Treffen indeß sehr stark convergirende Strahlen auf den Hohlspiegel, so vermag er nur ihre Convergenz zu verringern, und erzeugt in diesem Falle noch ein wahres, vor ihm liegendes Bild (wie im Cassegrain'schen Teleskop §. 229).

§. 210. Um die Lage und Größe des Bildes eines Gegenstandes zu finden, hat man die früher für den Concavspiegel angeführte Construction anzuwenden, nur mit dem Unterschiede, daß der parallel mit der Axe auffallende Strahl nicht selbst durch die Mitte des Radius F hindurchgeht, sondern seine Verlängerung nach rückwärts. Ist S T, Fig. 140, der Gegenstand, S M C der sogenannte Hauptstrahl für den Punkt S (der senkrecht

auf den Spiegel fällt, weil er die Richtung nach dem Kugelmittelpunkte C besitzt), S N ein parallel mit der Axe auffallender, und in der Richtung N G zurückgeworfener Strahl, so liegt das Bild von S da, wo sich beide reflectirten Strahlen N G und S M rückwärts verlängert schneiden, also in S′, und das Bild von S T ist S′ T′. Die Größe des Bildes erhält man aus den zwei ähnlichen Dreiecken C T′ S′ und C T S durch die Proportion S′ T′ : S T = C T′ : C T. Da das scheinbare Bild dieses Spiegels stets dem Mittelpunkte C näher liegt, so ist es auch stets kleiner als der Gegenstand. Man nennt den Converspiegel deßhalb auch Verkleinerungsspiegel, wogegen der Concavspiegel ein Vergrößerungsspiegel heißt (aber nur mit Recht, wenn er das Bild eines in der Nähe, innerhalb des Kugelmittelpunktes befindlichen Gegenstandes erzeugt).



Figur 140.

§. 211. Oben wurde die Bedingung aufgestellt, daß der Spiegel nur einen kleinen Theil einer Kugeloberfläche bilden dürfe; wird diese Bedingung nicht erfüllt, so vereinigen sich alle von einem Punkte ausgegangenen Strahlen nicht wieder in einem Brennpunkte, sondern in einer Brennlinie, oder vielmehr Brennfläche. Legt man z. B. einen Ring auf ein Blatt Papier, so daß die innere hohle glänzende Seite von der Sonne beschienen wird, so bemerkt man auf dem Papier zwei zu einer Spitze zusammenlaufende krumme Linien. Dieselben bemerkt man auch, wenn man eine cylindrische Tasse in die Sonnenstrahlen hält.

Die Abweichung, welche sich in den Durchschnittspunkten der verschiedenen, von einem sphärischen Spiegel reflectirten Strahlen zeigt, heißt die Abweichung wegen der Kugelgestalt; durch sie werden die Bilder undeutlich. Soll ein Concavspiegel zu einem Teleskop benutzt werden, und ein vollkommenes Bild liefern, so muß diese Abweichung unbemerkbar klein gemacht werden, indem man nur einen geringen Theil der Oberfläche der Kugel als Spiegel nimmt. Bedarf man eines großen Spiegels, so muß man den Radius der Kugelfläche sehr groß nehmen.

Will man, daß Strahlen, die von einem sehr weiten Gegenstande herkommen, z. B. von der Sonne, nach der Reflexion genau wieder auf einen Punkt zusammentreffen, so hat man einen parabolischen Hohlspiegel (der in jedem durch die Axe gelegten Durchschnitte die Form einer Parabel zeigt) anzuwenden; ein solcher Spiegel vereinigt alle, parallel mit seiner Axe einfallenden Strahlen in einem Brennpunkte. Ist der leuchtende Gegenstand dagegen nahe, so muß der Spiegel elliptisch geformt sein; wird dann der leuchtende Punkt in den einen Brennpunkt gebracht, so vereinigen sich alle Strahlen wieder in dem andern Brennpunkte. Schon früher ist indeß angeführt, daß parabolische und elliptische Spiegel sich nicht mit der für die Reflexion des Lichtes nothwendigen Genauigkeit schleifen lassen.

§. 212. Wenn ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Körper in einen andern übergeht, so ändert er im Allgemeinen seine Richtung, er wird gebrochen. (Die durchsichtigen Körper, in denen das Licht sich bewegt, nennt man

gewöhnlich die Mittel.) Ist A B D E, Fig. 141, ein Stück Glas, das sich in der Luft befindet, A B die trennende Ebene zwischen Luft und Glas, und fällt in der Richtung F C ein Lichtstrahl auf das Glas, so setzt derselbe nicht seine Richtung C G unverändert fort, sondern wird so abgelenkt, daß er die Richtung C H erhält. Den Winkel F C K oder a, welchen der einfallende Strahl mit dem in C errichteten Einfallslothe C K macht, nennt man den Einfallswinkel, und den Winkel H C L oder b, welchen der gebrochene Strahl C H mit demselben Einfallslothe C L macht, den Brechungswinkel. Fällt ein zweiter Lichtstrahl in der Richtung F' C ein, so wird er in der Richtung C H' gebrochen u. s. w.

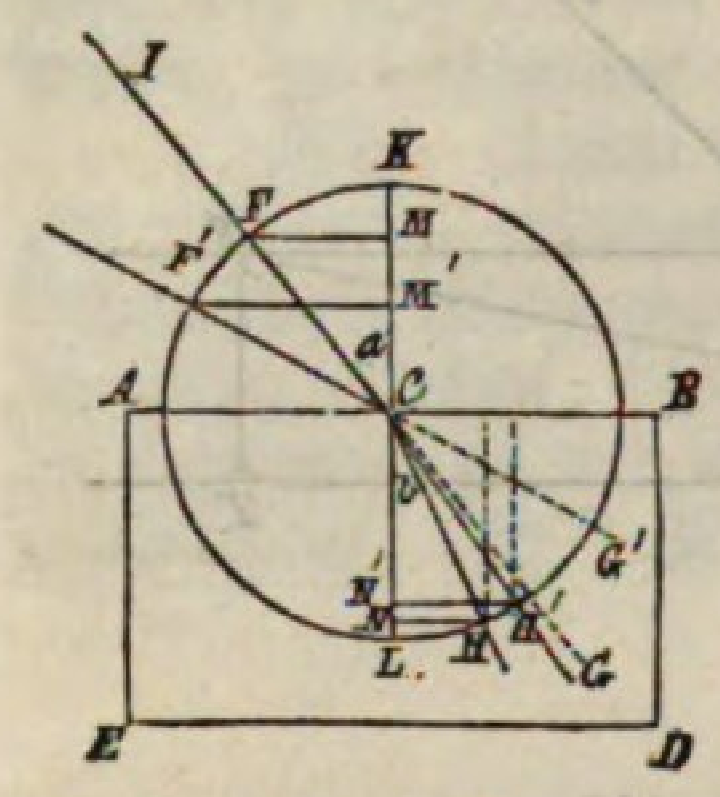


Fig. 141.

Sucht man das Gesetz, nach welchem diese Brechung geschieht, so findet man, daß nicht die Einfallswinkel selbst zu den Brechungswinkeln eine feste Beziehung haben, sondern daß, wenn man um C einen Kreis beschreibt und von den Durchschnittspunkten der einfallenden und gebrochenen Strahlen Perpendikel auf das Einfallsloth K L fällt, also F M und H N, F' M' und H' N', diese Perpendikel zu einander in einem und demselben Verhältnisse stehen, so daß $FM : HN = F'M' : H'N'$, oder $\frac{FM}{HN} = \frac{F'M'}{H'N'}$. Man nennt den Perpendikel F M oder F' M' den sinus des Einfallswinkels, und den Perpendikel H N oder H' N' den sinus des Brechungswinkels; bei der Brechung des Lichtes hat also der sinus des Einfallswinkels zum sinus des Brechungswinkels stets dasselbe Verhältniß. Den Exponenten dieses Verhältnisses, oder den Quotienten $\frac{\text{sinus des Einfallswinkels}}{\text{sinus des Brechungswinkels}} = n$, nennt man das Brechungsverhältniß oder den Brechungsexponenten, und er wird später stets mit n bezeichnet werden. Für Glas ist $n = 3/2$, d. h. wenn $FM = 3$, so ist $HN = 2$, und ebenso, wenn $F'M' = 3$, so ist $H'N' = 2$. Ist der eine der beiden Winkel, der Einfalls- oder der Brechungswinkel, gegeben, so läßt sich der andere berechnen.

Wenn also ein Lichtstrahl aus einem Mittel in ein anderes (beide dürfen aber nicht krystallinisch sein, oder müssen, wenn sie krystallinisch sind, wenigstens zum Würfelsysteme gehören), übergeht, so wird er nach dem Vorhergehenden gebrochen, und zwar ist erstens das Verhältniß des sinus des Einfallswinkels zum sinus des Brechungswinkels eine constante Größe (Brechungsexponent). Zweitens gilt bei der hier erläuterten (sogenannten einfachen) Brechung des Lichtes auch noch das Gesetz, daß der einfallende Strahl mit dem gebrochenen Strahle und mit dem Einfallslothe in einer und derselben Ebene liegt, welche auf der trennenden Ebene beider Mittel senkrecht steht.

§. 213. Geht der Lichtstrahl aus Luft in Glas über, so ist der Brechungswinkel in dem oben angegebenen Verhältnisse kleiner als der Einfallswinkel, es wird der gebrochene Strahl dem Einfallslothe genähert. Denkt man sich aber umgekehrt einen Lichtstrahl aus dem Glase übergehend in die Luft, nimmt man also H C für den einfallenden Strahl, so muß C F der gebrochene Strahl werden; in diesem Falle ist der Brechungswinkel größer als der Einfallswinkel, und der gebrochene Strahl wird von dem Einfallslothe entfernt. Ist n der Brechungsexponent beim Uebergange aus Luft in

Glas, so muß umgekehrt, $\frac{1}{n}$ der Brechungsexponent für den Uebergang des Lichtstrahles aus Glas in Luft sein; wenn $\frac{FM}{HN} = n$, so ist $\frac{HN}{FM} = \frac{1}{n}$ (was früher der sinus des Einfallswinkels war, wird jetzt der sinus des Brechungswinkels, und umgekehrt).

Wird der Lichtstrahl beim Uebergange aus einem Mittel in ein anderes dem Einfallslothe zugebrochen, so nennt man das zweite Mittel dichter als das erste; im entgegengesetzten Falle dünner. Glas ist also optisch dichter als die Luft. Die Brechungsexponenten werden, wenn nichts weiter bemerkt ist, gewöhnlich für den Uebergang aus der Luft in das andere Mittel angegeben.

Auf eine sehr einfache Weise kann man sich von der Brechung der Lichtstrahlen, z. B. beim Uebergange aus Wasser in Luft überzeugen. Man befestigt auf dem Boden einer Tasse B D E F einen Körper A, Fig. 142, und stellt das Auge nach O so, daß dasselbe über den Rand der Tasse hinweg den Körper A so eben nicht mehr sehen kann, weil der Strahl A G, der die Richtung nach dem Auge O hat, durch die undurchsichtige Wand aufgefangen wird. Schüttet man Wasser in die Tasse, so wird der Körper A durch die Brechung sichtbar werden, indem der Strahl A H, der unter dem Winkel A H N auf die Oberfläche des Wassers trifft, unter dem Winkel M H O abgelenkt wird, und in's Auge O gelangt. Auf gleiche Weise erscheint ein in das Wasser gestellter gerader Stab an der Oberfläche des Wassers zerbrochen, und in seinem eingetauchten und nicht eingetauchten Theile gegen einander verschoben.

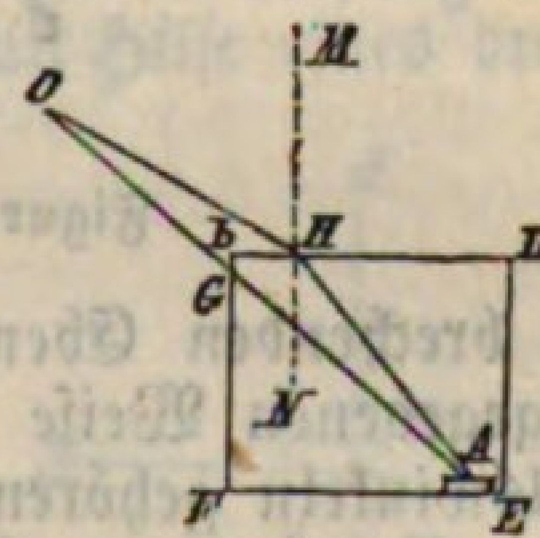


Fig. 142.

§. 214. Nach dem Vorhergehenden läßt sich auch beweisen, daß ein Lichtstrahl, der durch einen von parallelen Ebenen begrenzten durchsichtigen Körper geht, seine Richtung nicht ändert, sondern parallel mit seiner ursprünglichen Richtung, wenn auch ein wenig verschoben, nach dem Austritte aus demselben weiter geht (vorausgesetzt, daß der Körper auf beiden Seiten von demselben Mittel, z. B. von Luft umgeben ist). Ist A B C D, Fig. 143, eine Glasplatte, deren Ebenen A B und C D mit einander parallel sind; ist ferner E F der einfallende Strahl und F G sein Einfallsloth, so wird F K der gebrochene Strahl, und K F H der Brechungswinkel. Fällt nun der Strahl F K auf die zweite Fläche des Glases, so ist sein Einfallswinkel F K I auf die zweite Fläche gleich dem Brechungswinkel H F K an der ersten Fläche (weil beide Wechselwinkel zwischen den parallelen Einfallslothen G H und I M sind.) Da der Brechungsexponent aus Glas in Luft genau den umgekehrten Werth des Brechungsexponenten aus Luft in Glas hat, so muß folglich der dem Einfallswinkel F K I entsprechende Brechungswinkel M K L dem Einfallswinkel auf der ersten Fläche, E F G, gleich sein. Es ist also der aus der zweiten

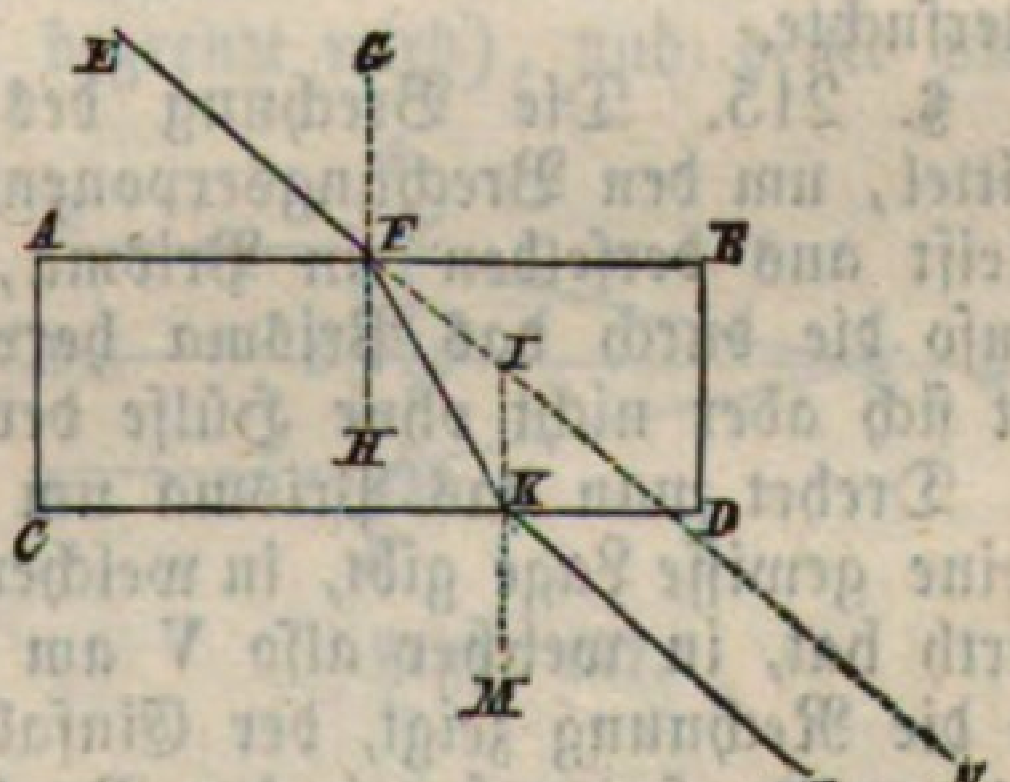
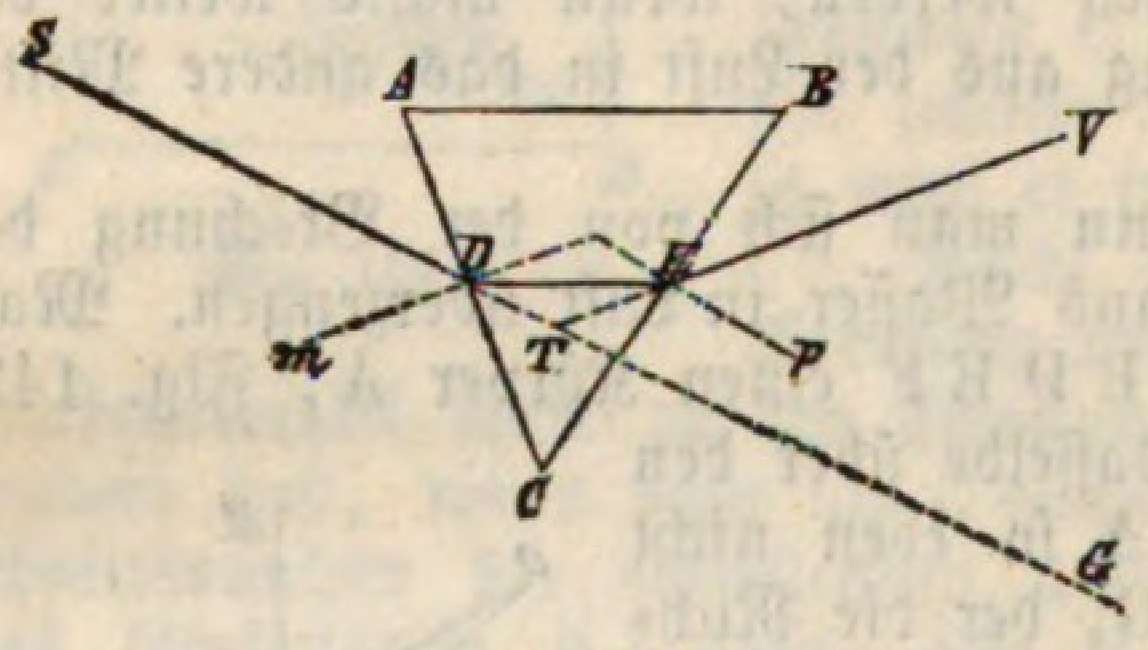


Fig. 143.

Fläche austretende Lichtstrahl KL dem ursprünglichen EFN in seiner Richtung parallel (und nur um die kleine Entfernung zwischen EN und KL verschoben).

Ganz anders verhält es sich aber, wenn das Mittel nicht von parallelen Ebenen begrenzt wird. Bilden die Ebenen, durch welche der Lichtstrahl ein- und austritt (denn auf diese allein kommt es an) einen Winkel, so nennt man das brechende Mittel ein Prisma, und die Linie, in welcher diese beiden Flächen sich durchschneiden, die brechende Kante des Prismas. Zu den Versuchen wendet man gewöhnlich Körper an, welche von drei Seitenflächen begrenzt werden, dreiseitige Prismen. Ist ABC, Figur 144, der Querschnitt eines solchen Prismas, SD der einfallende und EV der austretende Lichtstrahl, so heißt die Kante, deren Durchschnitt C angibt, die brechende Kante, und ACB ist der brechende Winkel des Prismas. Man findet den Weg, welchen der Lichtstrahl macht, durch die vorhin angegebenen Gesetze. Man zieht in den Punkten, in welchen der Lichtstrahl



Figur 144.

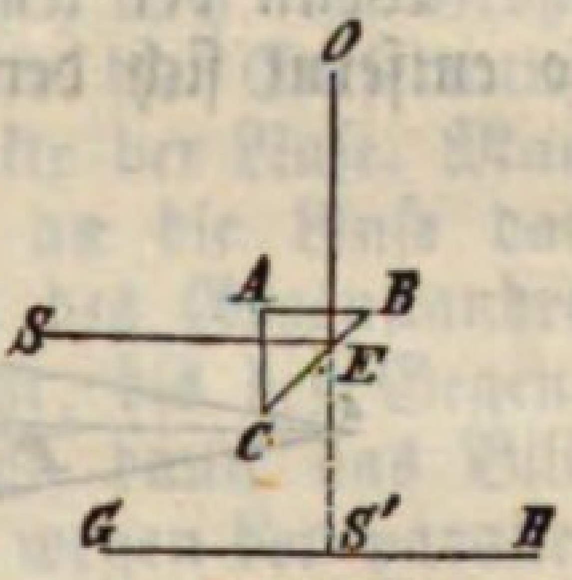
die brechenden Ebenen trifft, die Einfallslothe, und construirt nach der oben angegebenen Weise die Brechungswinkel, welche zu den betreffenden Einfallswinkeln gehören. Die Construction zeigt, daß der Lichtstrahl, während er ohne Brechung nach G gelangt wäre, durch die Brechung nach V hinaufgebrochen wird. Der abgelenkte Strahl TV macht mit dem directen TG den Winkel GTV; um diesen ist er also aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt. — Wenn das Prisma das Licht stärker bricht als das umgebende Mittel, so wird stets der Lichtstrahl nach dem dickern Theile des Prismas hin gebrochen; besteht dagegen das Prisma aus einer Substanz, welche das Licht weniger bricht, als das umgebende Mittel, so wird, wie man sich leicht durch die Construction der Wege überzeugen kann, der Lichtstrahl gegen die Kante, also in Bezug auf Figur 144 abwärts gebrochen. Diesen letzten Fall erhielte man, wenn man ein aus drei Glasplatten zusammengesetztes Luft enthaltendes Prisma in ein Gefäß mit Wasser eintauchte, und den Lichtstrahl bei seinem Gange aus dem Wasser durch dieses Luftprisma untersuchte.

§. 215. Die Brechung des Lichtes im Prisma gewährt das beste Mittel, um den Brechungsexponenten einer Substanz zu bestimmen. Man schleift aus derselben ein Prisma, mißt den Winkel desselben genau, und ebenso die durch das Prisma hervorgebrachte Ablenkung. Die Berechnung läßt sich aber nicht ohne Hülfe der Trigonometrie durchführen.

Drehet man das Prisma um seine Kante C, so wird man finden, daß es eine gewisse Lage gibt, in welcher der Abweichungswinkel VTG den kleinsten Werth hat, in welcher also V am nächsten von G liegt. In dieser Lage ist, wie die Rechnung zeigt, der Einfallswinkel gegen die erste Fläche des Prismas gerade so groß wie der Brechungswinkel aus der zweiten Fläche, also SDm = pEV. Aus dem Winkel GTV, um welchen der Lichtstrahl in diesem Falle abgelenkt wird, läßt sich am leichtesten der Brechungsexponent berechnen.

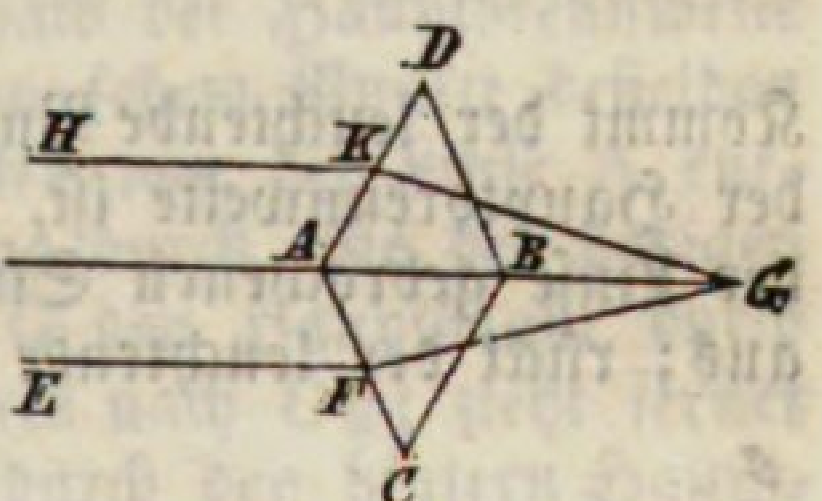
Um den Brechungsexponenten einer Flüssigkeit zu bestimmen, bildet man ein hohles Prisma aus Glasplatten, füllt dasselbe mit der zu prüfenden Flüssigkeit, und verfährt damit wie mit festen Körpern.

§. 216. Wenn der Lichtstrahl aus einem dünnern Mittel in ein dichteres übergeht, so ist, wie oben gezeigt wurde, der Brechungswinkel stets kleiner als der Einfallswinkel; erreicht also der Einfallswinkel selbst die Größe von 90°, so kann der Strahl noch in das dichtere Mittel gebrochen werden, weil sein Brechungswinkel noch kleiner als 90° ist. Geht aber ein Lichtstrahl aus einem dichtern Mittel in ein dünneres, und vergrößert man nach und nach den Einfallswinkel, so wächst der Brechungswinkel stärker, und erreicht schon den Werth von 90°, während der Einfallswinkel vielleicht noch weit davon entfernt ist. Soll z. B. ein Lichtstrahl aus Glas in Luft übergehen, so beträgt bei einem Einfallswinkel im Glase von 40° der Brechungswinkel in der Luft schon 90°, d. h. der austretende Strahl muß mit der Trennungsebene zwischen Glas und Luft parallel gehen. Wird der Einfallswinkel noch größer, so wird die Brechung in der Luft unmöglich, weil der Brechungswinkel größer als 90° werden müßte. Der einfallende Strahl kann dann nicht zum Glase austreten, sondern wird wie von einem Spiegel von der Glasfläche zurückgeworfen. Man nennt diese Zurückwerfung die totale Reflexion. Sie läßt sich sehr leicht wahrnehmen mit Hilfe eines dreiseitigen Prismas, dessen Querschnitt ABC, Figur 145, ein rechtwinkliges und gleichschenkliges Dreieck darstellt. Fällt auf die Fläche AC ein Lichtstrahl SE senkrecht ein, so geht er ungebrochen hindurch, trifft die zweite Fläche unter einem Winkel von 45° und vermag nicht auszutreten; er erleidet mithin eine Reflexion nach oben, und tritt in der Richtung EO aus. Hält man das Auge über AB in O, so erblickt man den leuchtenden Punkt S in S′.

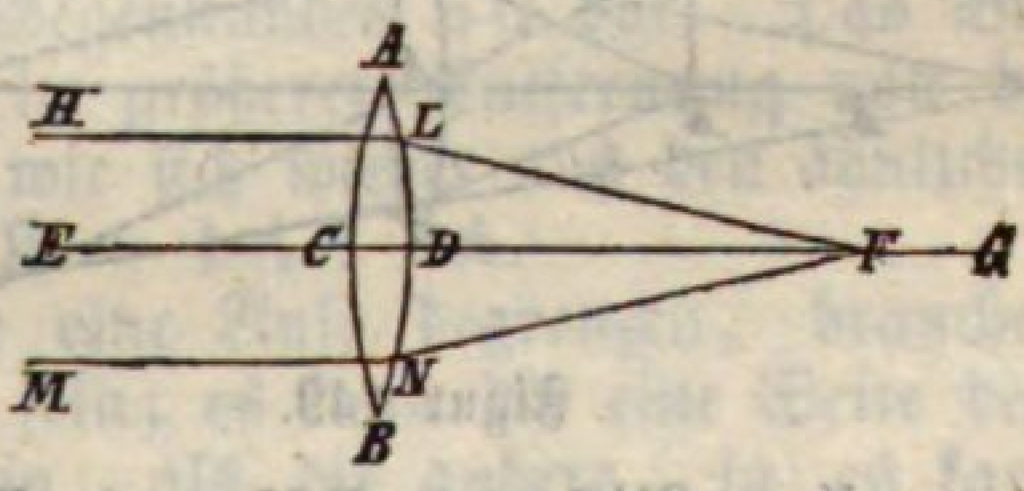


Figur 145.

§. 217. Denkt man sich auf das Prisma ABC noch ein zweites gleiches ABD, Figur 146, mit einer seiner Flächen auf die Fläche AB gelegt, so wird ein auf das untere Prisma auffallender Lichtstrahl EF nach oben hin, nach G abgelenkt, ein auf das obere auffallender HK dagegen nach unten ebenfalls nach G (beide Male gegen den dickern Theil des Prismas) hin. Bedeutet AB, Figur 147, den Durchschnitt einer Glaslinse (eines Glaskörpers, der auf beiden Seiten von Stücken einer Kugeloberfläche begrenzt wird), und denkt man sich die begrenzenden Kreise ACB und ADB als Polygone von unendlich vielen Seiten, so werden je zwei solche Seiten ein Prisma vorstellen, und jedes dieser Prismen muß den Lichtstrahl nach dem dickern Theile des Prismas, also nach der durch die Mitte der Linse gehenden und auf beiden Flächen senkrechten Linie EG hin brechen. EG heißt die Achse der Linse, CD ihre Dicke.



Figur 146.



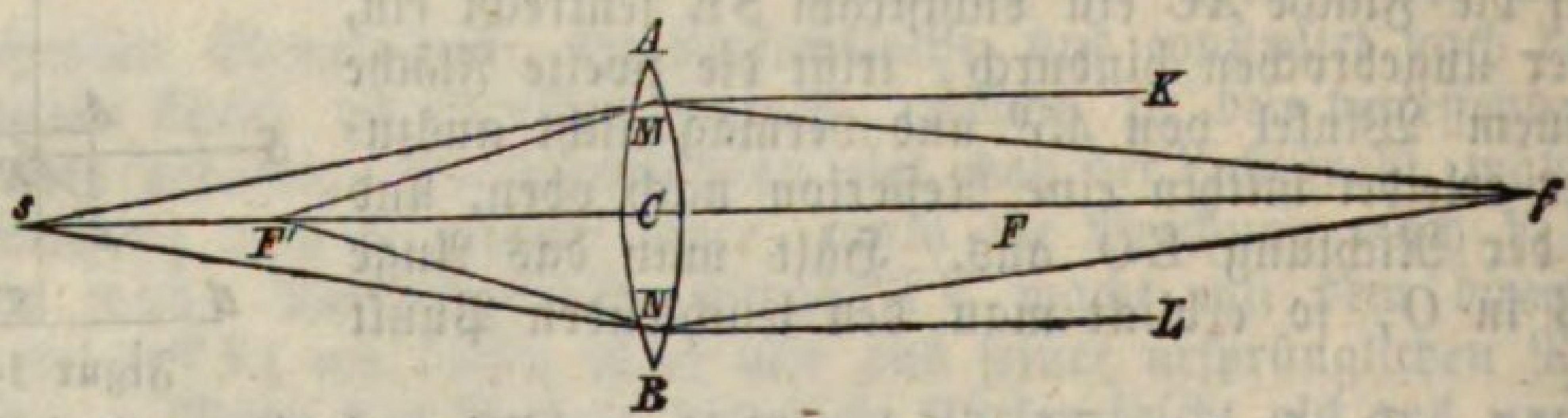
Figur 147.

Die Rechnung weist nach, daß, wenn die Kugelstücke ACB und ADB nur einen kleinen Theil der Kugeloberfläche betragen, alle von einem Punkte aus auf die Linse fallenden Strahlen in einem einzigen Punkte, dem sogenannten Brennpunkte, wieder vereinigt werden. Enthalten aber die Bogen ACB und ADB zu viel Grade, so durchschneiden sich die von einem Punkte ausgehenden und in der Linse gebrochenen Strahlen nicht wieder in einem

einzigen Brennpunkte, sondern, ähnlich wie bei dem Spiegel, in einer Brennfläche. Die Abweichung, welche bei einer Linse für die Durchschnittspunkte der verschiedenen Strahlen stattfindet, heißt die Abweichung wegen der Kugelgestalt (eine andere Abweichung wegen der Farbenzerstreuung wird später erwähnt werden).

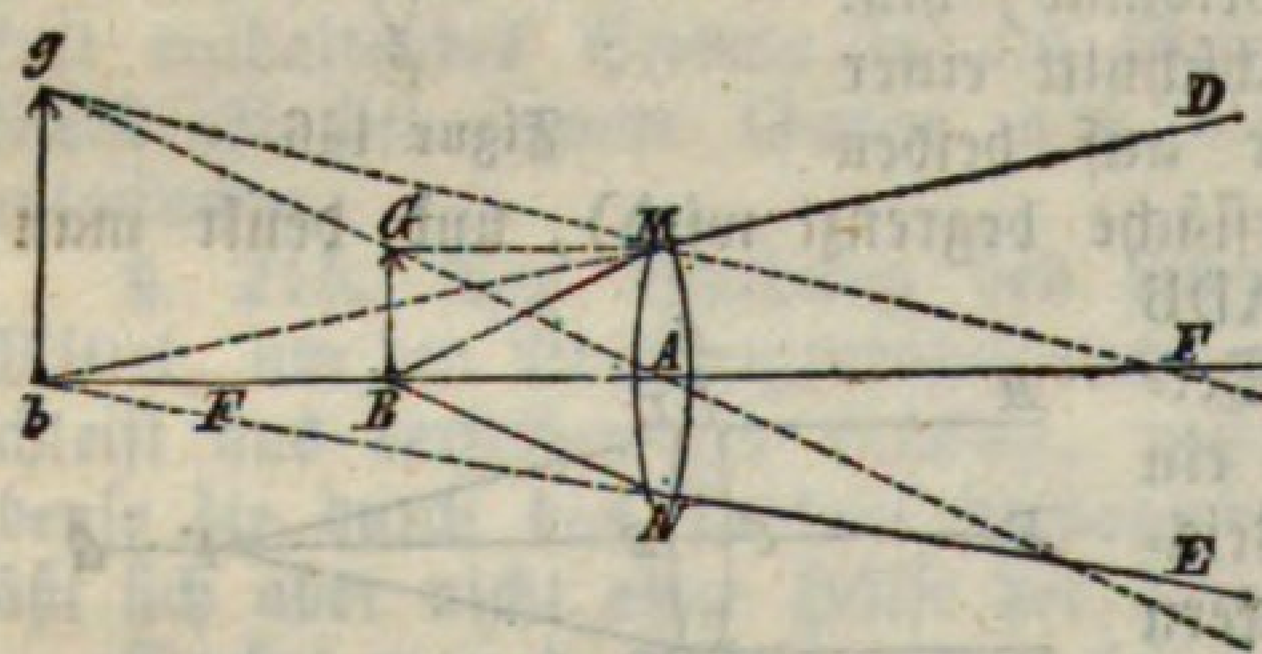
§. 218. Fallen auf die Linse AB, Figur 147, parallele Strahlen, wie HL, EC, MN auf, so vereinigen sich dieselben in einem Punkte F der Axe hinter der Linse; dieser Punkt F heißt der Hauptbrennpunkt, und seine Entfernung von der Linse die Hauptbrennweite. Seine Entfernung von der Linse hängt von der Größe der Krümmung der Oberflächen und von dem Brechungsexponenten des Stoffes ab, aus welchem die Linse besteht. (Die Größe der Krümmung hängt nicht davon ab, ob der Kreisbogen ACB groß oder klein ist, sondern von dem Radius der Kugel, zu welcher die Linsenfläche gehört; je kleiner dieser Radius, desto stärker ist die Krümmung.) Auf der Axe muß der Brennpunkt liegen, weil er der Durchschnittspunkt der Strahlen sein soll, und der Axenstrahl ECG, welcher auf beiden Flächen der Linse senkrecht steht, ungebrochen hindurchgeht.

Wenn der leuchtende Punkt der Linse näher rückt nach S, Figur 148, so entfernt sich der Brennpunkt weiter von der Linse über F hinaus, nach f.



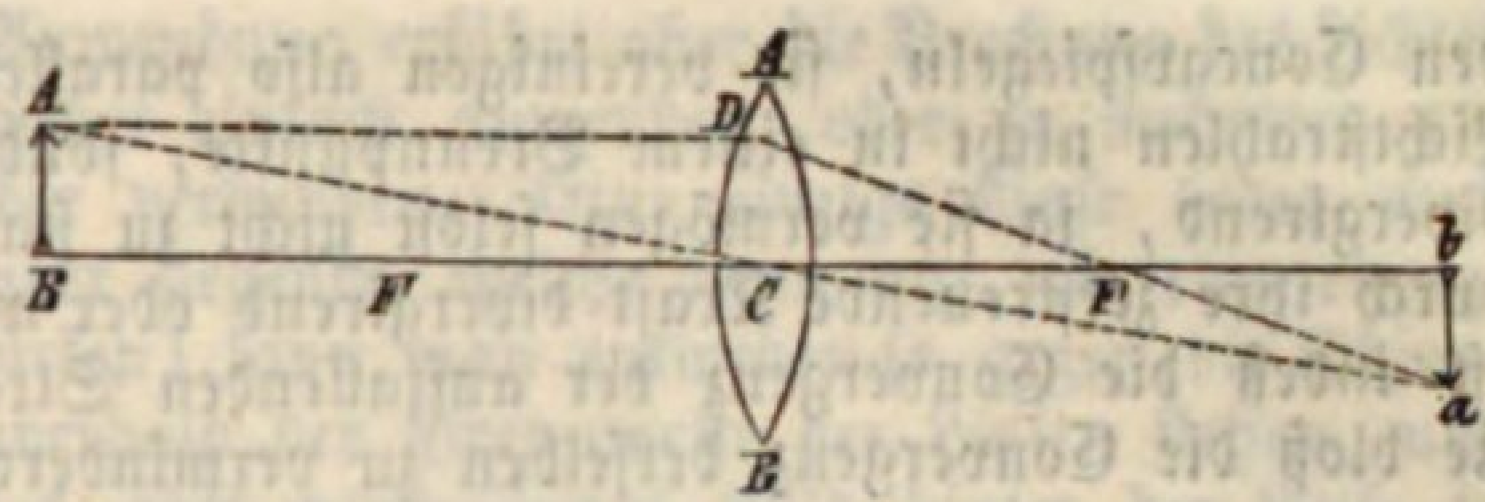
Figur 148.

Kommt der leuchtende Punkt in eine Entfernung von der Linse, welche gleich der Hauptbrennweite ist, nach F' (wenn CF' = CF ist), so treten die in der Linse gebrochenen Strahlen F'M, F'N parallel als MK und NL wieder aus; rückt der leuchtende Punkt aber noch näher an die Linse als die Brennweite, also wenn AF, Figur 149, die Hauptbrennweite ist, nach B, so divergiren die von B ausgehenden Strahlen BM und BN so stark, daß die vorliegende Linse nicht mehr im Stande ist, sie durch Brechung zu einem Brennpunkte zu vereinigen, oder auch nur parallel zu machen. Die gebrochenen Strahlen MD und NE werden nur weniger divergent, indem ihre Richtung BM und BN durch die Brechung in die Richtung MD und NE verwandelt wird, so daß jetzt ein scheinbares Bild des leuchtenden Punktes in dem Durchschnitte der rückwärts verlängerten Strahlen in b, also in weiterer Entfernung vor der Linse entsteht.



Figur 149.

§. 219. Wenn anstatt eines leuchtenden Punktes ein Gegenstand, z. B. ein Pfeil gegeben ist, so erhält man dessen Bild durch eine ganz ähnliche Construction wie bei den Spiegeln. Es bedeute AB, Figur 150, den



Figur 150.

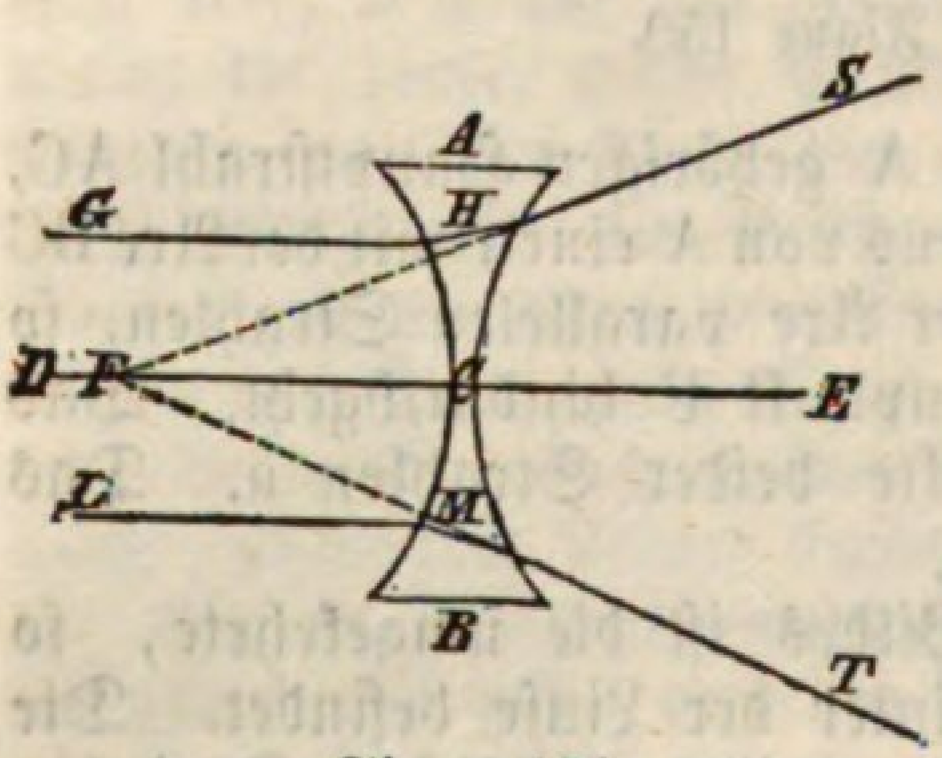
gegebenen Gegenstand, und CF die Hauptbrennweite der Linse. Um das Bild des Punktes A zu erhalten, braucht man nur den Durchschnitt zweier von ihm ausgegangenen und in der Linse gebrochenen Strahlen zu suchen. Man zieht deßhalb erstens den zu diesem Punkte A gehörigen Hauptstrahl AC, welcher durch die Mitte der Linse C geht, und zweitens von A einen mit der Axe BC parallelen Strahl AD, welcher, wie alle mit der Axe parallelen Strahlen, so gebrochen wird, daß er durch den Hauptbrennpunkt F hindurchgeht. Das Bild des Punktes A liegt im Durchschnittspunkte beider Strahlen a. Das Bild von AB wird folglich dargestellt durch ab.

Die Lage des durch eine Linse erzeugten Bildes ist die umgekehrte, so lange es ein wahres Bild ist, und sich also hinter der Linse befindet. Die Größe des Bildes wird wieder berechnet aus den beiden ähnlichen Dreiecken ABC und abC, in denen sich verhält ab : AB = bC : BC, d. h. die Größe des Bildes verhält sich zur Größe des Gegenstandes, wie die Entfernung des erstern zur Entfernung des letztern von dem Mittelpunkte der Linse. Man kann folglich durch die Annäherung des Gegenstandes an die Linse das Bild immer mehr vergrößern, weil mit der Annäherung des Gegenstandes zugleich die Entfernung des Bildes von der Linse zunimmt, bis der Gegenstand in den Hauptbrennpunkt vor der Linse kommt, wo dann das Bild unendlich weit liegt und unendlich groß ist, oder eigentlich wegen der parallel austretenden, sich nicht durchschneidenden Strahlen gar kein Bild zu Stande kommt.

Wird der Gegenstand GB, Figur 149, innerhalb der Hauptbrennweite F aufgestellt, so bildet sich, wie schon erwähnt, von jedem Punkte desselben nur ein scheinbares Bild vor der Linse, das weiter von der Linse A entfernt ist, als der Gegenstand. Man erhält seine Lage durch eine der vorigen ähnliche Construction. Man zieht für den Punkt G den Hauptstrahl durch die Mitte der Linse GA, und verlängert ihn rückwärts nach Gg; zieht ferner von G den mit der Axe parallelen Strahl GM, der durch den hintern Hauptbrennpunkt F gebrochen wird, und verlängert ihn rückwärts FMg bis er in g den rückwärts verlängerten Hauptstrahl AGg schneidet. In g liegt das Bild von G, und gb stellt das Bild des Gegenstandes BG vor. Das Bild liegt aufrecht, und ist (weil es sich stets in größerer Entfernung von der Linse befindet) größer als der Gegenstand, wie sich wieder aus den ähnlichen Dreiecken ABG und Abg ergibt, gb : GB = bA : BA.

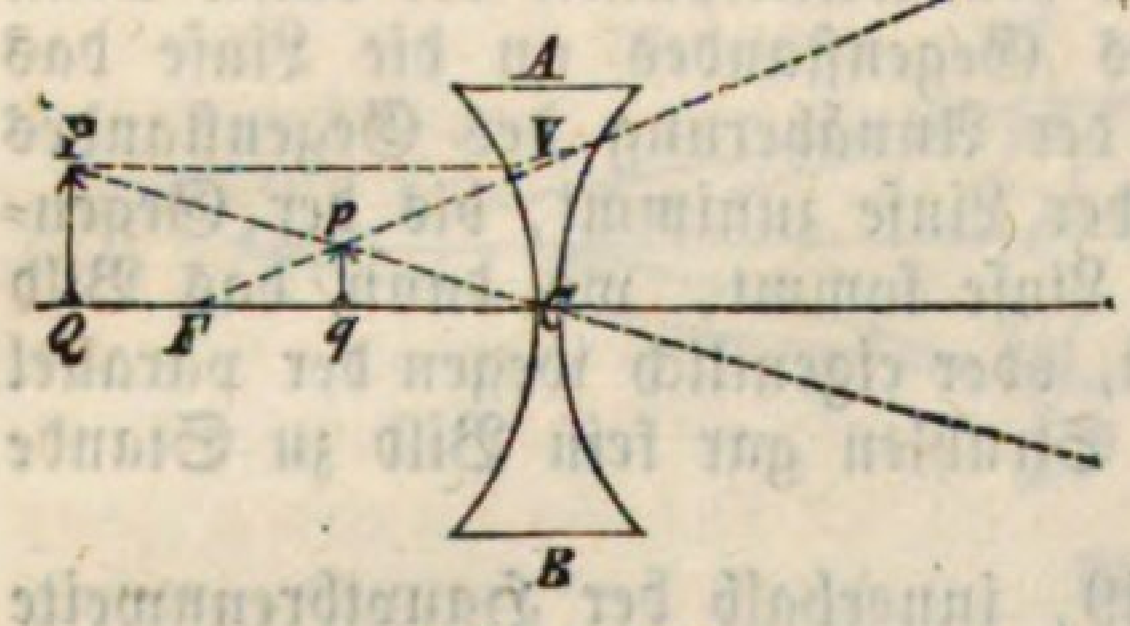
§. 220. Die beiden Flächen, welche eine Linse begrenzen, brauchen nicht Stücke einer und derselben Kugel zu sein; es kann die eine Seite derselben stärker oder schwächer gekrümmt sein, als die andere, ja es kann nur die eine Seite gekrümmt, die andere aber völlig eben sein, ohne daß die vorhergehenden Gesetze aufhören richtig zu sein; nur wird für jede stärkere Krümmung auch die Hauptbrennweite der Linse kleiner, für jede schwächere größer. Eine auf beiden Seiten von Kugelabschnitten begrenzte Linse heißt eine biconvexe oder convexconvexe Linse, eine nur auf einer Seite sphärisch gekrümmte, dagegen auf der zweiten Seite ebene Linse eine planconvexe. — Außer diesen gibt es noch Linsengläser, deren Seiten nicht convex, sondern concav sind; man nennt sie Hohlgläser oder Concavlinsen. Sie entsprechen in ihrer Wirkung den Convexspiegeln auf gleiche Weise, wie die Convexlinsen

den Concavspiegeln, sie vereinigen also parallel oder divergirend auffallende Lichtstrahlen nicht in einem Brennpunkte, sondern machen sie (noch stärker) divergirend, ja sie vermögen selbst nicht zu stark convergirende Lichtstrahlen durch ihre zerstreuende Kraft divergirend oder wenigstens parallel zu machen; ist indeß die Convergenz der auffallenden Strahlen zu stark, so vermögen sie bloß die Convergenz derselben zu vermindern.



Figur 151.

Bedeutet AB, Fig. 151, den Durchschnitt längs der Are durch ein solches Hohlglas, so werden die mit der Are DCE parallel auffallenden Lichtstrahlen GH und LM divergirend nach S und T hin gebrochen, so daß sie von einem Punkte F vor der Linse, den man erhält, wenn man die Strahlen rückwärts bis zum Durchschnitte verlängert, zu kommen scheinen. Dieser Punkt F wäre für diese Linse der Brennpunkt oder eigentlicher gesagt, der Zerstreuungspunkt. Befindet sich vor der Linse AB, Figur 152, ein Gegenstand PQ, so wird das Bild von P liegen erstens auf dem Hauptstrahle PC, der von P durch den Mittelpunkt der Linse C gezogen wird, und ebenso zweitens auf der Verlängerung VF des mit der Are parallel einfallenden Strahles PV, der nach dem Vorhergehenden so gebrochen wird, als ob er von dem Zerstreuungspunkte F ausginge. Das scheinbare Bild von P entsteht also im Durchschnittspunkte dieser beiden Strahlen p, und mithin stellt pq das Bild von PQ dar.



Figur 152.

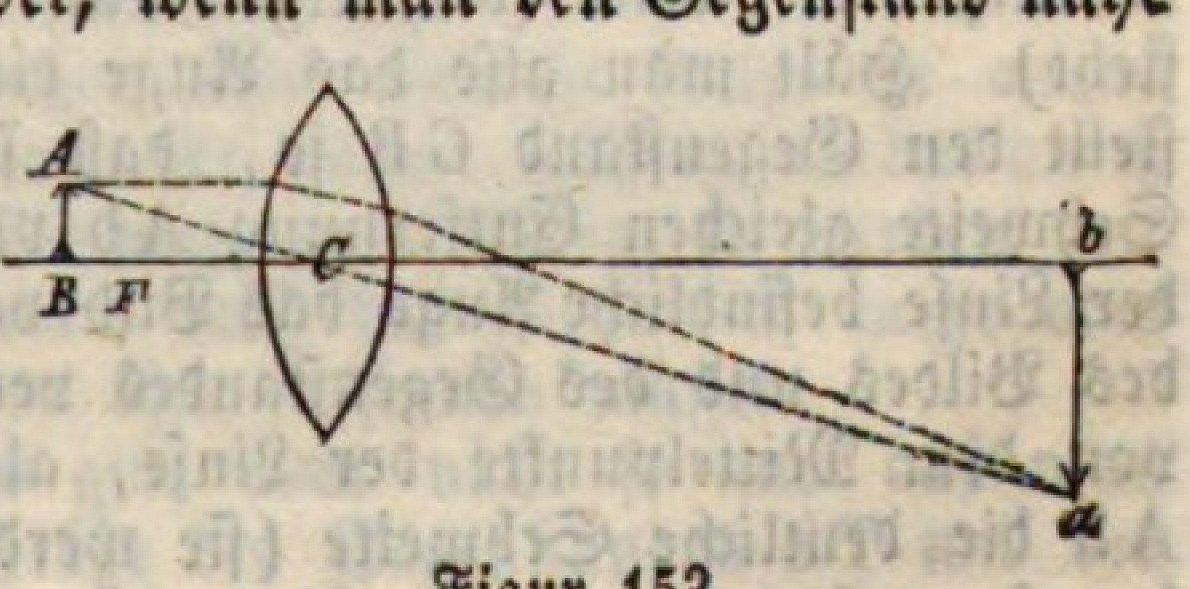
Das Bild liegt aufrecht, wie der Gegenstand, und ist kleiner, als derselbe, wie man sogleich aus der Proportion $pq : PQ = qC : QC$ sieht.

§. 221. Die Brechung des Lichtes findet vielfache Anwendung. So bietet die totale Reflerion in einem Prisma, Figur 145, ein sehr bequemes Mittel dar, um Gegenstände nachzuzeichnen (Camera lucida von Wollaston, der die totale Reflerion zuerst zu diesem Zwecke anwandte). Befindet sich in S, Figur 145, ein Gegenstand, so erscheint sein Bild in der Richtung OS′, wie schon §. 216 erläutert wurde. Ist nun das Prisma sehr klein, oder sieht man nur ganz hinten durch die äußerste Kante des Prismas bei B, so bleibt (ebenso wie bei dem Sömmering'schen Spiegel, §. 203) dem Auge O noch Raum übrig, zugleich neben dem Prisma vorbeizusehen. Befindet sich das Prisma in einer angemessenen Höhe über einer Tischplatte, auf welcher ein Papier GH ausgebreitet ist, so erblickt das Auge in S′ zugleich den gespiegelten Gegenstand S und das Papier. Man kann folglich den Gegenstand mit der Bleifederspitze auf dem Papiere nachzeichnen. Es ist, wenn man die Bleifederspitze und das Bild auf dem Papiere gut sehen will, nöthig, die Beleuchtung des Papieres etwas zu mäßigen, so daß sie die Stärke des Bildes nicht übertrifft. Für das Nachzeichnen der unter einem Mikroskope gesehenen Gegenstände ist dieses Instrument ganz vortrefflich; das Prisma hat für diesen Zweck im Querschnitt noch nicht die in Figur 145 angegebene Größe, die Breiten der Flächen sind ungefähr nur halb so groß, als AB, BC und AC; seine Länge ist ziemlich der Breite der hintern Fläche gleich.

§. 222. Die häufigste Anwendung erfährt aber die Brechung des Lichtes in den Linsen, die man entweder einfach anwendet, oder zu mehreren auf verschiedene Weise mit einander verbunden. Eine einzige Linse (oder auch zwei oder drei dicht an einander liegende, welche dann nur wie eine einzige sehr stark gekrümmte Linse wirken) kann man entweder so gegen die Objecte stellen, daß diese Objecte außerhalb der Brennweite der Linsen stehen, und dann ein wahres verkleinertes oder vergrößertes Bild hinter der Linse in verkehrter Lage erzeugen, oder so, daß die Objecte innerhalb der Hauptbrennweite stehen, und dann einem hinter der Linse befindlichen Auge in einem vor der Linse befindlichen, scheinbaren aufrechten und vergrößerten Bilde erscheinen (§. 219). Im ersten Falle erhält man die sogenannte Camera clara, die Laterna magica, das Sonnenmikroskop und Lampenmikroskop, je nachdem man die begleitenden Umstände abändert; im zweiten dagegen die gewöhnlichen Loupen.

Die Camera clara (auch wohl obscura, dunkle Kammer) besteht aus einem einzigen Linsenglase, das in der vordern Wand eines inwendig geschwärzten Kastens angebracht ist. (Man denke sich z. B. die Linse AB, Figur 150, in die vordere Wand dieses Kastens eingesetzt.) Die vor der Linse befindlichen Gegenstände bilden je nach ihrer Entfernung von der Linse ihr Bild in verschiedenen Entfernungen hinter der Linse. Man fängt diese Bilder durch ein in die hintere Wand des Kastens eingefügte matte Glasscheibe auf. Da die Entfernung der Bilder von der Linse sich aber mit der Entfernung der Gegenstände ändert, so muß, damit das Bild stets genau auf die matte Glasfläche trifft, und hinlänglich scharf erscheint, die Fassung der Linse so eingerichtet sein, daß man dieselbe der Glastafel etwas nähern oder von ihr entfernen kann. Man kann natürlich auch umgekehrt die hintere Wand beweglich machen. Stellt man in den Kasten einen unter 45° gegen die Axe der Linse geneigten Spiegel, so wirft derselbe die aus der Linse kommenden Strahlen nach Oben zurück, und man erblickt jetzt das Bild auf einer in die obere Wand eingesetzten matten Glastafel. Auf einem durchsichtigen, auf diese Glastafel gelegten Papier kann man die Bilder leicht nachzeichnen. Will man diese Vorrichtung indeß zum Nachzeichnen von Landschaften u. s. w. gebrauchen, so gibt man ihr am bequemsten die Form einer abgestumpften Pyramide, bringt die Linse in der obern Wand an, und stellt einen Spiegel vor die Linse, welcher die von den Gegenständen ausgehenden Strahlen auf die Linse zurückwirft, so daß die Bilder der Gegenstände auf dem am Boden des Kastens liegenden Papiere erscheinen. Der Zeichner steckt Kopf und die Arme durch eine an der Seite befindliche und mit undurchsichtigen Vorhängen versehene Oeffnung in den Kasten, und kann die Bilder genau nachzeichnen.

§. 223. Da bei der oben angegebenen Einrichtung die Gegenstände ziemlich weit von der Linse abstehen, so entstehen die Bilder nicht weit hinter der Linse in der Nähe ihrer Hauptbrennweite, und sind viel kleiner als die Gegenstände. Anders verhält es sich aber, wenn man den Gegenstand nahe an die Linse bringt. Steht derselbe AB noch außerhalb, aber nahe an der Brennweite F, Figur 153, so entsteht hinter der Linse ein vergrößertes und verkehrtes Bild ab; man benutzt diese Einrichtung bei der sogenannten Laterna magica, bei dem Sonnenmikroskop und dem Hydrogenoxygen-Mikroskop.



Figur 153.

Die drei genannten Vorrichtungen stimmen in dem angegebenen wesentlichen Punkte überein, und unterscheiden sich nur durch die zu beobachtenden Gegenstände und durch die Art der Beleuchtung. Bei der Laterna magica dient eine einfache in einem Blechkasten eingeschlossene Oellampe zur Beleuchtung von Figuren, welche mit farbigen sehr durchsichtigen Firnissen auf einen Glasstreifen aufgetragen sind; alle übrigen Stellen des Glases sind mit einem schwarzen, undurchsichtigen Firniß überzogen. Man regulirt den Ort der in einer verschiebbaren Röhre befindlichen Linse so, daß das Bild dieser Figuren gerade auf einer mit einem weißen Tuche überhangenen gegenüberstehenden Wand erscheint; dieß läßt sich stets ausführen, weil das Bild um so weiter hinter der Linse liegt, je näher die bunten Figuren sich am Hauptbrennpunkte befinden, und umgekehrt. Da das entstehende Bild ein wahres ist, so liegt es umgekehrt und seine Größe nimmt mit dem Abstande von der Linse zu. Durch die auf die Glastafel aufgetragenen durchsichtigen Farben erscheint das auf der weißen Wand aufgefangene Bild ebenfalls farbig.

Bei dem sogenannten Hydrogenoxygen-Mikroskop wendet man, um eine möglichst intensive Beleuchtung zu erhalten, das Licht eines im Strome des Knallgasgebläses bis zum stärksten Weißglühen erhitzten kleinen Kalkcylinders an; dieser Cylinder wird auf eine kleine Spitze der Oeffnung des Knallgasgebläses gegenüber aufgestellt. Das von dem glühenden Kalke ausgehende Licht wird, ehe es das Object trifft, durch eine Linse geleitet und concentrirt; in dem Brennpunkte derselben befindet sich das Object, das auf diese Weise eine außerordentlich große Beleuchtung erhält. Das so beleuchtete Object erzeugt nun durch eine neue hinter demselben befindliche Linse ein sehr vergrößertes Bild auf einer weißen Wand. Wenn die Gegenstände, welche hier vergrößert werden sollen, wie es meistens der Fall ist, nicht hinlänglich durchsichtig sind, so enthält das Bild nur einen Umriß derselben ohne die inneren Theile zu zeigen. Man benutzt dieses Instrument gewöhnlich, um sehr kleine Gegenstände, Infusorien u. dgl. einer größern Versammlung zu zeigen.

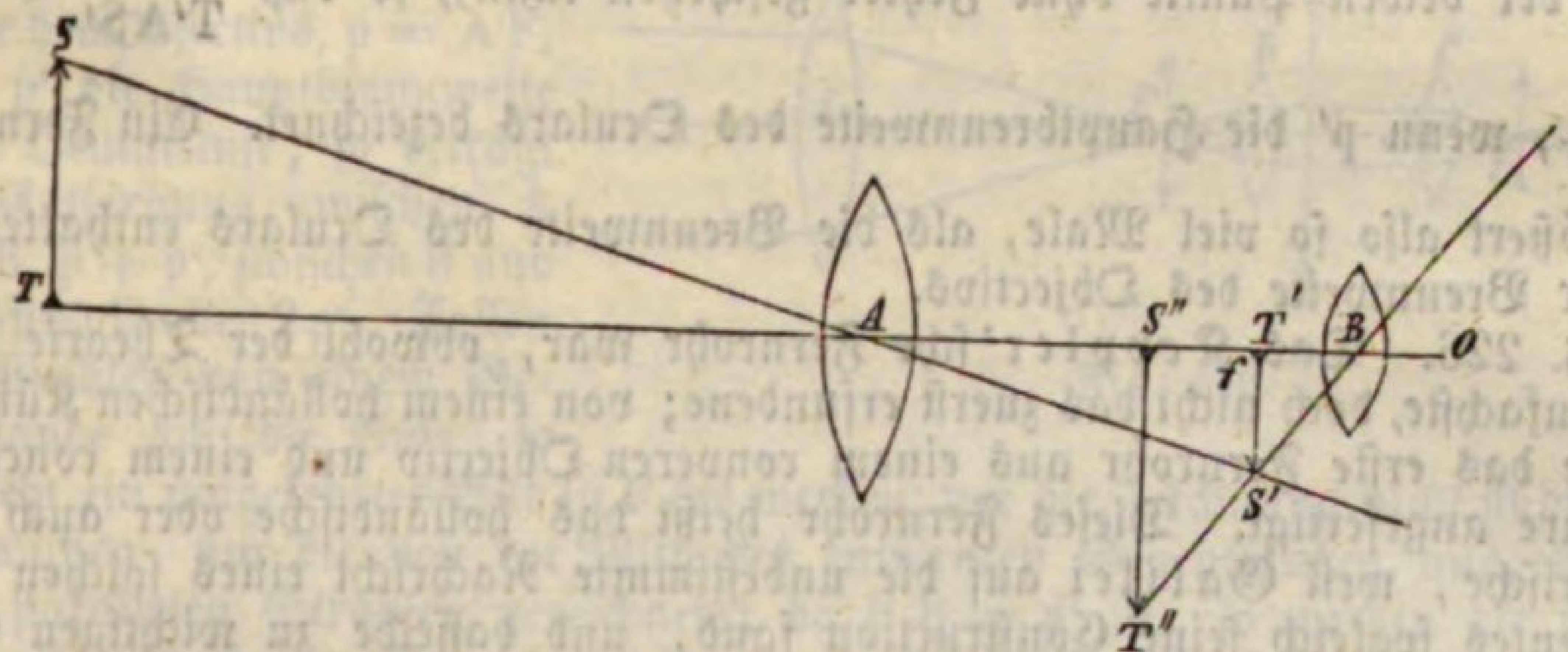
Ganz gleiche Einrichtung hat das Sonnenmikroskop; durch einen vor dem Fenster eines verdunkelten Zimmers angebrachten Spiegel läßt man das Sonnenlicht auf eine Linse fallen, in deren Brennpunkt der Gegenstand aufgestellt wird. Hinter dem Gegenstande findet sich dann wieder eine Linse, welche ein vergrößertes Bild auf einer weißen Fläche erzeugt.

§. 224. Bringt man einen Gegenstand noch näher an eine Linse, so daß er innerhalb der Hauptbrennweite sich befindet, wie in Figur 149, so entsteht nicht mehr ein wahres Bild hinter der Linse, sondern ein scheinbares vergrößertes Bild vor derselben (§. 219). Der Ort, an welchem das Bild erscheint, hängt von der Stellung des Gegenstandes in Bezug auf den Hauptbrennpunkt ab; je näher der Gegenstand dem letztern liegt, desto weiter liegt das Bild vor der Linse. Man ist also im Stande, durch gehörige Einstellung des Gegenstandes das Bild an einer beliebigen Stelle vor der Linse entstehen zu lassen, also auch in einer Entfernung von 8—10 Zoll, in der deutlichen Sehweite (derjenigen Entfernung, in welcher jedes Auge am besten sieht). Hält man also das Auge dicht hinter die Linse A (Fig. 149), und stellt den Gegenstand GB so, daß sein vergrößertes Bild gb in einer der Sehweite gleichen Entfernung Ab vor der Linse entsteht, so wird das hinter der Linse befindliche Auge das Bild vollkommen deutlich sehen. Die Größen des Bildes und des Gegenstandes verhalten sich aber wie ihre Entfernungen von dem Mittelpunkte der Linse, also $gb : GB = Ab : AB$. Nun ist Ab die deutliche Sehweite (sie werde $= h$ gesetzt) und AB ist nahe gleich der Hauptbrennweite der Linse (sie sei $= p$); dann wird $gb : GB = h : p$

oder $\frac{gb}{GB} = \frac{h}{p}$. Der auf der linken Seite stehende Bruch gibt an, wie viel Mal das Bild größer ist, als der Gegenstand; diese Vergrößerung ist also $\frac{h}{p}$, d. h. eine Linse vergrößert so viele Mal als ihre Hauptbrennweite enthalten ist in der deutlichen Sehweite. Eine Linse vergrößert hiernach um so stärker, je kleiner ihre Brennweite ist (weil p im Nenner steht), oder je stärker ihre Flächen gekrümmt sind, und je stärker ihre Substanz (das Mittel) bricht (deßhalb die Diamantlinsen so ausgezeichnet); eine und dieselbe Linse vergrößert aber auch für weitsichtige Augen stärker als für kurzsichtige (weil für weitsichtige h z. B. = 10 Zoll und für kurzsichtige nur 8 Zoll).

§. 225. Durch die Verbindung mehrerer Linsen entstehen die Fernröhre und Mikroskope, deren Theorie mit Hilfe des Vorhergehenden sich leicht darstellen läßt.

Das Keppler'sche oder astronomische Fernrohr besteht aus 2 converen Gläsern A und B, Figur 154; das dem Objecte ST zugekehrte A heißt das



Figur 154.

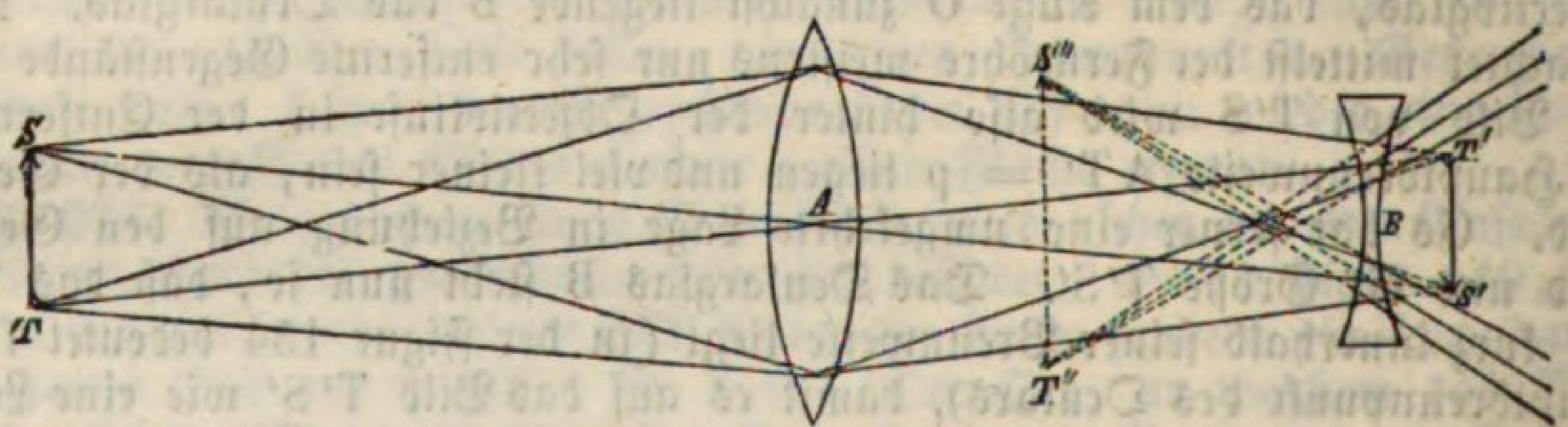
Objectivglas, das dem Auge O zunächst liegende B das Ocularglas. Man betrachtet mittelst der Fernröhre meistens nur sehr entfernte Gegenstände ST; das Bild von T'S wird also hinter der Objectivlinse in der Entfernung der Hauptbrennweite AT' = p liegen und viel kleiner sein, als der Gegenstand. Es hat ferner eine umgekehrte Lage in Beziehung auf den Gegenstand und die Größe T'S'. Das Ocularglas B steht nun so, daß das Bild TS' kurz innerhalb seiner Brennweite liegt (in der Figur 154 bedeutet f den Hauptbrennpunkt des Oculars), damit es auf das Bild T'S' wie eine Loupe vergrößernd wirkt; es erzeugt dann das neue scheinbare Bild T'' S'' (nach §. 219), das man durch passende Stellung des Oculars gerade in die deutliche Sehweite BS'' fallen läßt. Da dieses zweite Bild nur ein scheinbares ist, so bleibt es in Bezug auf den Gegenstand verkehrt, ein Umstand, der bei Beobachtung der Gestirne ganz gleichgültig, bei terrestrischen Gegenständen aber wegen der Ungewohntheit sehr hindernd ist.

Da kurzsichtige und weitsichtige Augen eine einfache Loupe in etwas verschiedene Entfernungen von dem Gegenstande halten müssen, um das durch dieselbe erzeugte Bild in der deutlichen Sehweite zu erblicken, so werden verschiedene Beobachter je nach ihrer Sehweite auch das Ocular B mehr oder weniger dem Objectiv A nähern oder von ihm entfernen müssen.

Die Vergrößerung eines Fernrohres gibt man nicht so an, daß man bestimmt, in welchem Verhältnisse die Größe des Gegenstandes ST und des

Bildes S″ T″ zu einander stehen, sondern vielmehr so, daß man bestimmt, in welchem Verhältnisse die Gesichtswinkel stehen, unter welchen der Gegenstand und das Bild desselben dem Auge erscheinen. Befindet sich das Auge in A, so erblickt es den in Rede stehenden Gegenstand ST unter dem Sehwinkel TAS = T′AS′; das hinter dem Ocular befindliche Auge erblickt denselben aber unter dem Sehwinkel T′BS′. Wenn das Auge sich von A nach B begibt, so wird bei der weiten Entfernung des Gegenstandes ST der Sehwinkel SAT nur äußerst wenig geändert werden, so daß man ohne Fehler annehmen kann, es sehe das freie Auge auch von B aus den Gegenstand unter dem Winkel TAS = T′AS′. Die Vergrößerung, welche durch das Fernrohr für das Auge entsteht, erhält man nun durch die Vergleichung der beiden Sehwinkel, unter welchen der Gegenstand dem freien und dem mit dem Fernrohre bewaffneten Auge erscheint; das Verhältniß zwischen den beiden Sehwinkeln ist aber das umgekehrte der beiden Brennweiten AT′ und BT′, wenn man den Brennpunkt des Oculars f mit dem Brennpunkte des Objectivs F zusammenfallend annimmt (was bei der Kleinheit der Entfernung der beiden Punkte ohne Fehler geschehen kann), so daß $\frac{T'BS'}{T'AS'} = \frac{AT'}{BT'}$ $= \frac{p}{p'}$, wenn p′ die Hauptbrennweite des Oculars bezeichnet. Ein Fernrohr vergrößert also so viel Male, als die Brennweite des Oculars enthalten ist in der Brennweite des Objectivs.

§. 226. Das Keppler'sche Fernrohr war, obwohl der Theorie nach das einfachste, doch nicht das zuerst erfundene; von einem holländischen Künstler wurde das erste Fernrohr aus einem converen Objectiv und einem concaven Oculare angefertigt. Dieses Fernrohr heißt das holländische oder auch das Galileische, weil Galilei auf die unbestimmte Nachricht eines solchen Instrumentes sogleich seine Construction fand, und dasselbe zu wichtigen Entdeckungen am Himmel benutzte. Das Objectiv dieses Fernrohres A, Fig. 155,



Figur 155.

dient wieder, um von dem Gegenstande ST ein Bild in seinem Brennpunkte zu erzeugen. Dieses Bild T′S′ würde, wenn das Ocular B nicht vorhanden wäre, eine in Beziehung zum Gegenstande umgekehrte Lage und die Größe S′T′ haben. Das Ocular B ist ein concaves, also ein die Lichtstrahlen zerstreuendes, divergirend machendes Glas. Die aus der Linse A austretenden Lichtstrahlen convergiren nach den verschiedenen Punkten des Bildes S′T′ hin, werden aber durch das concave Glas so gebrochen, daß sie ein wenig divergirend werden, und gerade aus der deutlichen Sehweite zu kommen scheinen, wenn das Ocular so gestellt ist, daß sein hinterer Brennpunkt oder vielmehr Zerstreuungspunkt nahe mit dem Brennpunkte des Objectivs zusammenfällt. Es entsteht daher bei dieser Einrichtung vor dem Ocular

ein scheinbares Bild S″T″, das mit dem Object eine gleiche Lage, also die aufrechte besitzt (weil das Bild der Objectivlinse nicht zu Stande gekommen ist). Am besten übersieht man den Gang der Lichtstrahlen aus der Zeichnung Figur 155, in welcher nur die Wege der Lichtstrahlen ausgezogen sind; alle punktirten Linien geben die Fortsetzungen der verschiedenen Richtungen an, damit man die Entstehung der Bilder verfolgen kann.

Das holländische Fernrohr zeigt alle Gegenstände aufrecht; seine Vergrößerung ist ebenfalls, wie vorhin $\frac{p}{p'}$, d. h. der Sehwinkel wird so vielmal vergrößert, als die Brennweite oder eigentlich die Zerstreuungsweite die Oculars p′ enthalten ist in der Brennweite des Objectivs p.

§. 227. Ein anderes Fernrohr, das die Gegenstände ebenfalls aufrecht zeigt, und sich vor dem vorhergehenden durch ein größeres Gesichtsfeld auszeichnet, ist das von de Rheita construirte Erdfernrohr aus vier Converlinsen, nämlich aus einer Objectivlinse A, Fig. 156, und aus drei einander gleichen Ocularlinsen B, C und D. Ist p die Hauptbrennweite des Objectivs, p = A F, und p′ die Hauptbrennweite einer Ocularlinse, so beträgt die Entfernung zwischen A und B, p + p′, zwischen B und C, C und D aber 2 p′. Fallen Lichtstrahlen von einem Gegenstande auf die Linse, so entsteht ein umgekehrtes Bild in F (es werden, um die Zeichnung nicht undeutlich zu machen, nur die von der Mitte des entfernten Gegenstandes ausgehenden fast parallelen Strahlen gezeichnet); da F B = p′ ist, so werden die in der Linse B gebrochenen Strahlen wieder parallel, gelangen so auf die Linse C, und werden hier nach dem Brennpunkte f gebrochen; hier in f entsteht folglich ein zweites wahres Bild, das gegen das erste Bild umgekehrt, also gegen den Gegenstand aufrecht steht. Die vierte Linse D dient nun, um dieses Bild in f als Loupe zu vergrößern, wie in dem Keppler'schen Fernrohr; es entsteht so in der deutlichen Sehweite das aufrechte Bild G H. Die Vergrößerung dieses Fernrohres ist wieder $\frac{p}{p'}$.

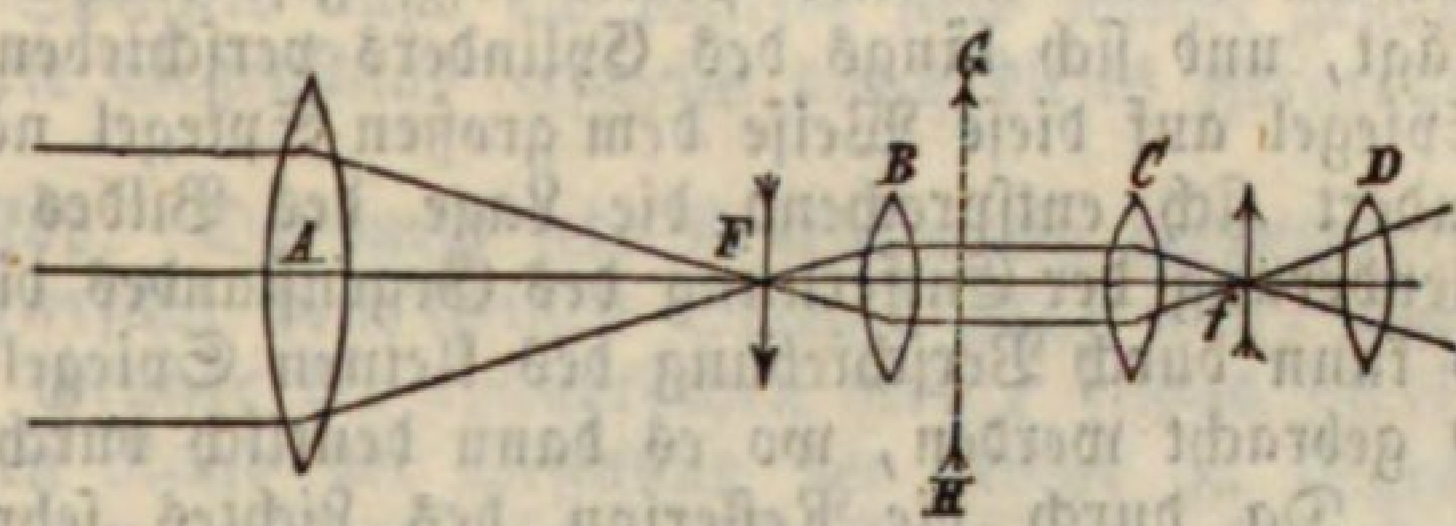


Fig. 156.

Die Eigenschaften eines guten Fernrohres sind, daß es die Gegenstände ohne Verzerrung, mit großer Deutlichkeit, Helligkeit und Schärfe zeigt, und dabei ein möglichst großes Gesichtsfeld darbietet; die Erfüllung der ersten Forderungen hängt von der Construction des Objectivs, die Erfüllung der letzten (großes Gesichtsfeld) dagegen von dem Ocular ab.

Die Objectivlinse hat in den Fernröhren den Zweck, von dem entfernten Gegenstande ein Bild zu erzeugen, um dieses Bild mittelst einer andern Linse zu vergrößern. Anstatt durch die Brechung des Lichtes in einer Linse ein Bild zu erzeugen, kann man dasselbe auch durch Reflexion von einem Hohlspiegel entstehen lassen; man erhält dann die sogenannten Spiegelteleskope oder katoptrischen Fernröhre (im Gegensatze zu den vorhergehenden, welche dioptrische heißen).

§. 228. Das Newton'sche Teleskop. In einem hohlen Cylinder A B, Fig. 157, findet sich an dem einen Ende A ein sphärischer Concavspiegel,

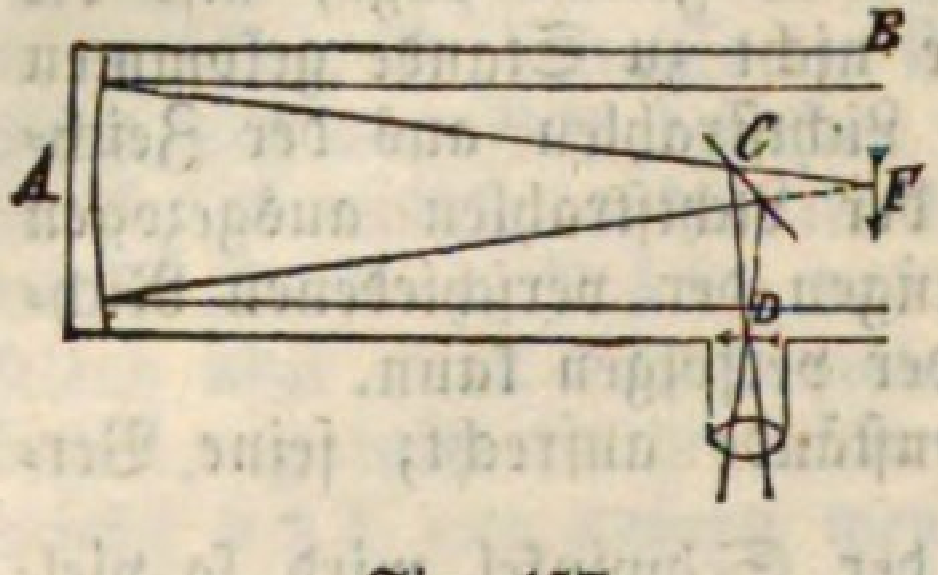


Fig. 157.

dessen Axe mit der Axe des Cylinders zusammenfällt. Die Hauptbrennweite (für parallele Strahlen) sei A F; es würde dann das Bild eines sehr entfernten Gegenstandes sich in F erzeugen. In C befindet sich aber ein kleiner Planspiegel unter 45° gegen die Axe des großen Spiegels A F geneigt; der Umfang dieses Planspiegels bildet ein Oval, dessen größter und kleinster Durchmesser sich zu einander verhalten, wie 7 : 5. Durch diesen kleinen Spiegel entsteht das Bild nicht in F, sondern in D in einer auf die Axe A F senkrechten Richtung. In dieser Richtung C D befindet sich in einer Oeffnung des Cylinders eine kleine Röhre mit dem Oculare, welches so gestellt ist, daß das vom Spiegel erzeugte Bild durch dasselbe deutlich erscheint. Um diese Einstellung vornehmen zu können, ist der kleine Spiegel durch einen dünnen Arm an einer Platte befestigt, welche auch zugleich die Ocularröhre trägt, und sich längs des Cylinders verschieben läßt. Indem sich der kleine Spiegel auf diese Weise dem großen Spiegel nähert, oder von ihm entfernt, ändert sich entsprechend die Lage des Bildes in D, oder wenn durch die Aenderung der Entfernung des Gegenstandes die Lage des Bildes sich ändert, so kann durch Verschiebung des kleinen Spiegels das Bild stets wieder nach D gebracht werden, wo es dann deutlich durch das Ocular gesehen wird.

Da durch die Reflexion des Lichtes sehr viel Licht verloren geht, so schlug Newton statt des kleinen Metallspiegels C ein rechtwinkliges Prisma vor, welches so gestellt ist, daß das Licht eine totale Reflexion erleidet. Macht man die beiden Seiten dieses Prisma's convex statt eben, so wirkt es zugleich wie eine Linse, und kann die Vergrößerung des Fernrohrs noch ändern. Der von Newton gesuchte Vortheil würde aber nur dann gewonnen werden, wenn man zu dem Prisma ein ganz farbloses, von Flecken und Adern freies Glas verwendete; wegen der Schwierigkeit der Herstellung eines solchen Prisma's ist dieser Vorschlag niemals ausgeführt worden. —

Zweckmäßig möchte es aber nach Brewster sein, wenn man den kleinen Spiegel beibehalten will, denselben unter einen kleinern Winkel, als 45°, gegen die Axe zu stellen, damit die Strahlen möglichst schief auffallen, und also in stärkerem Grade zurückgeworfen werden.

§. 229. Das Gregory'sche Teleskop. Dieses Instrument besteht aus einer Röhre, Fig. 158, in welcher sich zwei Concavspiegel, ein großer, A, und ein kleiner, B, ungefähr um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt befinden; der kleinere ist an einem Träger befestigt, und kann mit diesem durch eine Schraube dem größern Spiegel näher oder ferner gebracht werden. Das von dem großen im Grunde der Röhre befindlichen Spiegel A gemachte Bild erzeugt sich im Punkte C, und die von hier aus divergirenden Strahlen fallen auf den kleinern Spiegel B, welcher ein neues Bild in F erzeugt. Es ist nämlich der große Spiegel in der Mitte durchbohrt, um die vom zweiten Spiegel B zurückgeworfenen Strahlen durchzulassen. Dieses zweite Bild wird dann durch ein Ocular G vergrößert. Der betrachtete Gegenstand erscheint in diesem Fernrohre aufrecht, weil seine Lage zwei Mal umgekehrt wird.

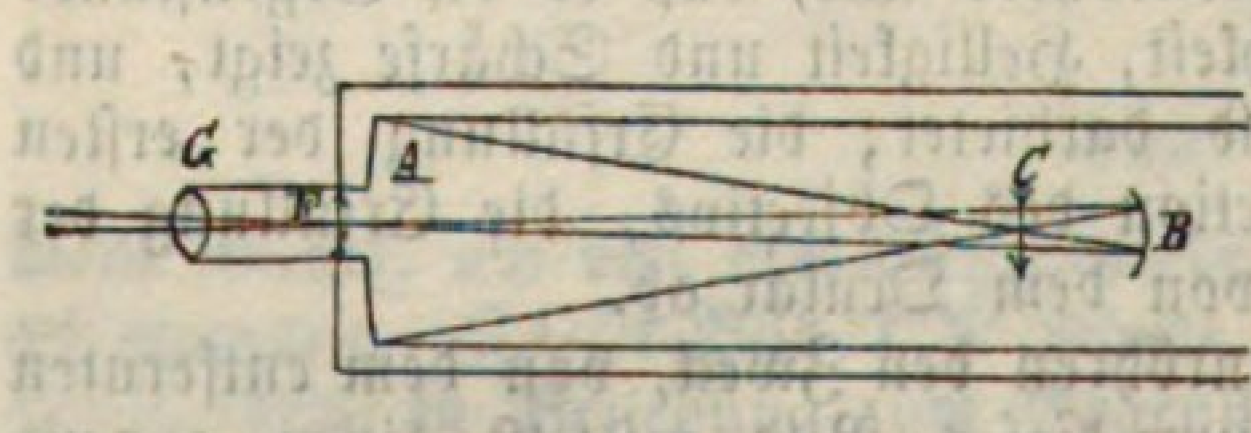


Fig. 158.

Das Cassegrain'sche Teleskop, Fig. 159, unterscheidet sich von dem vorhergehenden dadurch, daß der zweite kleine Spiegel B nicht ein Concavspiegel, sondern ein Convexspiegel ist. Es ist die Entfernung der beiden Spiegel hier ungefähr gleich der Differenz ihrer Brennweiten. Die von dem ersten Spiegel A zurückgeworfenen Strahlen gelangen noch, ehe sie sich

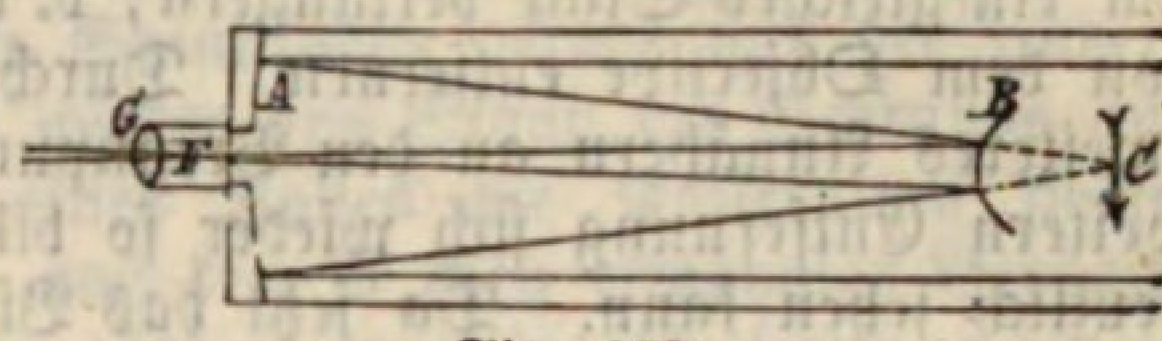


Fig. 159.

durchschneiden, auf den zweiten Spiegel B, und erzeugen erst nach dieser Reflexion ein Bild in F, das dann durch die Ocularlinse G vergrößert wird. Auch bei diesem Fernrohre läßt sich der kleine Spiegel durch eine Schraube von dem großen entfernen oder demselben näher bringen; es ist dieß nöthig, weil die Ocularröhre unbeweglich ist, und bei Betrachtung von Gegenständen in verschiedenen Entfernungen das Bild F in Beziehung auf das Ocular seine Stelle ändern, und deßhalb undeutlich werden würde; durch die Veränderung in der Stellung des kleinen Spiegels läßt sich dasselbe stets wieder genau nach F bringen. Der betrachtete Gegenstand erscheint durch dieses Fernrohr verkehrt.

Das Herschel'sche Teleskop. Da durch jede Reflexion ein bedeutender Lichtverlust entsteht, so ließ Herschel den kleinen Spiegel ganz weg, und stellte den großen Spiegel im Grunde der cylindrischen Röhre etwas schief, so daß das Bild oben an den Rand der Oeffnung der Röhre zu liegen kommt, wo es durch ein Ocular vergrößert wird. Der Beobachter sieht bei dieser Einrichtung von oben in den Tubus, indem er mit dem Rücken gegen das Object gekehrt ist; der Kopf des Beobachters kann bei der etwas schiefen Stellung des Spiegels von dem einfallenden Lichte nur wenig auffangen. Herschel hat auf diese Weise auch den Vortheil, den mittleren, also besten Theil des Spiegels zu benutzen, der bei den vorigen beiden Einrichtungen durch die Durchbohrung verloren geht.

§. 230. Ganz analog dem Keppler'schen Fernrohre, nur den geänderten Umständen angemessen eingerichtet ist das Mikroskop. Beim Fernrohre war der Zweck, größere entfernte Gegenstände zu sehen; man nahm deßhalb ein möglichst großes Linsenglas, um eine möglichst große Menge der von den Gegenständen ausgehenden Strahlen aufzufangen, und ließ durch dieses Objectivglas ein Bild bilden, das bei der Entfernung der Gegenstände nothwendig viel kleiner werden mußte, als der Gegenstand. Bei dem Mikroskope beabsichtigt man, sehr kleine Gegenstände vergrößert zu erblicken. Man wendet deßhalb eine möglichst stark gekrümmte Linse (von kurzer Brennweite) A, Fig. 160, an und bringt den zu betrachtenden kleinen Gegenstand D C in die Nähe ihres Hauptbrennpunktes F, aber noch ein wenig außerhalb desselben, so daß hinter der Linse ein sehr vergrößertes, umgekehrtes Bild des Gegenstandes B' C' erscheint. Dieses Bild D' C' dient nun für das Ocular B als Object; man stellt das Ocular so, daß von diesem Bilde ein noch mehr vergrößertes Bild D'' C'' in der Entfernung des deutlichen Sehens entsteht. Das Auge erblickt den Gegenstand durch das Mikroskop vergrößert sowohl durch das Objectiv als auch durch das Ocular, und in umgekehrter Lage.

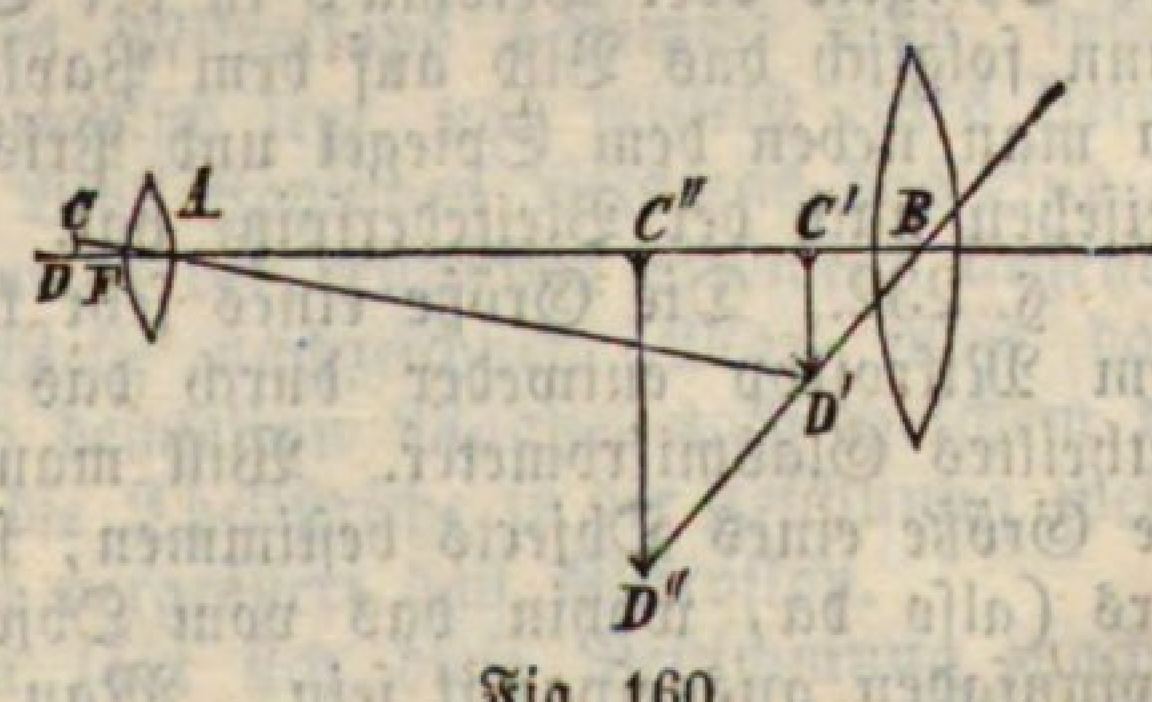


Fig. 160.

Bei manchen Mikroskopen, z. B. bei den ältern von Chevalier, läßt sich das Rohr des Mikroskops (also die Entfernung A B) durch Ausziehen fast um ein gleiches Stück verlängern, d. h. das Ocular um die angegebene Größe von dem Objective entfernen. Durch eine geringe Verrückung des Objectes (weiteres Annähern an den Brennpunkt) läßt man dann das Bild in dieser weitern Entfernung sich wieder so bilden, daß man es durch die Ocularlinse deutlich sehen kann. Da jetzt das Bild fast noch einmal so weit hinter das Ocular fällt, so wird die Vergrößerung durch das Objectiv fast doppelt so groß, und da die Vergrößerung des Oculars auf dieses Bild ebenso wie auf das frühere wirkt, so wird das beinahe auf das Doppelte verlängerte Mikroskop auch ungefähr doppelt so stark vergrößern.

Um hinlängliches Licht für die Vergrößerung zu erhalten, ist an dem Mikroskope ein Spiegel angebracht, welcher das Licht einer weißen Wolke oder einer weißen Wand concentrirt auf den zu beobachtenden Gegenstand wirft, der auf einem kleinen Glasstückchen auf dem Objectträger oder Objecttische ruht. Man muß aber nicht glauben, daß man gerade bei sehr vielem, von allen Seiten auf den Gegenstand strömenden Lichte den Gegenstand sehr deutlich sehen kann. Bei sehr starken Vergrößerungen ist es vielmehr sehr vortheilhaft, das Licht nur durch eine sehr kleine in dem Objectträger angebrachte Oeffnung auf den Gegenstand gelangen zu lassen. Undurchsichtige Körper, beleuchtet man, indem man das Licht seitwärts von Oben durch eine Linse concentrirt. Um den Gegenstand in die gehörige Entfernung von der Objectivlinse zu bringen, kann man entweder den Objectträger oder die Röhre des Mikroskops durch eine Schraube etwas bewegen.

§. 231. Um Gegenstände, welche man unter dem Mikroskop beobachtet, bequem nachzeichnen zu können, richtet man das Mikroskop entweder so ein, daß es sich horizontal stellen läßt, oder nimmt statt eines geraden Rohres ein in der Mitte rechtwinklig gebrochenes, und bringt in den rechten Winkel einen Spiegel unter 45° an (oder man nimmt besser ein Glasprisma [§. 216], auf dessen hinterer Fläche das Licht total reflectirt wird). Durch diesen Spiegel werden die aufwärts gehenden Lichtstrahlen horizontal in die rechtwinklig angesetzte Röhre zurückgeworfen; in dem Ocular erscheint dann das Bild. Vor dem Ocular ist nun entweder ein kleiner Sömmering'scher Spiegel (§. 203) oder ein kleines dreieckiges Prisma, auf dessen hinterer Seite das Licht total reflectirt wird (camera lucida von Wollaston, §. 221), angebracht. (Man stelle das Prisma A B C, Fig. 145, so hinter das Ocular, daß S E der aus dem Ocular des Mikroskops austretende Lichtstrahl ist.) Hält man das Auge über den kleinen Spiegel oder über das kleine Prisma, so erblickt es den unter dem Mikroskop liegenden Gegenstand jetzt auf einem unterhalb des Spiegels oder Prisma's in der Sehweite angebrachten Papiere. Man kann folglich das Bild auf dem Papiere mit großer Leichtigkeit nachzeichnen, da man neben dem Spiegel und Prisma noch hinlänglich Raum zum Vorbeisehen nach der Bleifederspitze hat.

§. 232. Die Größe eines sehr kleinen Gegenstandes mißt man unter dem Mikroskop entweder durch das Schraubenmikrometer oder durch ein getheiltes Glasmikrometer. Will man mit Hülfe des Schraubenmikrometers die Größe eines Objects bestimmen, so muß in dem Brennpunkte des Oculars (also da, wohin das vom Objective gemachte Bild fällt) ein feiner Spinnfaden ausgespannt sein. Man sieht nun diesen Spinnfaden zugleich mit dem vergrößerten Gegenstande. Ferner liegt das Object auf einem durch eine sehr feine Schraube beweglichen Theile des Objectträgers. Man bringt bei der Messung zuvörderst durch Umdrehung der Schraube, wenn es sich z. B.

um die Messung der Dicke eines Drahtes handelt, den Draht in eine solche Lage, daß der Spinnfaden gerade die eine Seite des Drahtes berührt, und merkt sich genau den Stand der Schraube, deren Rand eingetheilt ist. Sodann dreht man die Schraube, bis der Spinnfaden gerade auf der andern Seite den Draht berührt, und zeichnet wieder den Stand der Schraube auf. Weiß man, den wie vielsten Theil eines Zolles die Entfernung zweier Schraubengänge beträgt, so kann man aus den so eben erwähnten Beobachtungen die Dicke des Drahtes berechnen, indem man die Entfernung zweier Schraubengänge mit der Anzahl der gemachten Umdrehung multiplicirt; man hat nämlich die Schraube gerade um die Dicke des Drahtes vorwärts geschoben.

Das Glasmikrometer besteht aus einem Stückchen Glas, auf welches sehr feine Linien in bestimmter Entfernung mit dem Diamant gezogen sind, es ist z. B. ein Millimeter in 100 Theile getheilt. Legt man dieses Glas auf den Objecttisch, und den Gegenstand gerade auf die Theilung des Glases, so kann man unmittelbar ablesen, wie viele Hundertstel eines Millimeters die Dicke desselben beträgt.

Man kann aber auch ein solches Glasmikrometer, z. B. ein Centimeter in 100 Theile getheilt, in dem Brennpunkte des Oculars (da, wo vorhin der Faden ausgespannt wurde, und das vom Objectiv gemachte Bild liegt) befestigen, und erblickt dann das durch das Objectiv vergrößerte Bild auf dieser Theilung des Ocularglasmikrometers. Beide, das Bild und das Mikrometer, werden durch das Ocular auf gleiche Weise vergrößert. Will man mit Hülfe dieses Ocularmikrometers die Größe des Gegenstandes bestimmen, so muß die Vergrößerung, welche das Object durch die Objectivlinse erfährt, bekannt sein. Diese ist aber leicht zu finden; man legt nämlich das vorhergehende Glasmikrometer auf den Objectivtisch, und sieht zu, wie viele Theile des letztern (Objectiv-) Mikrometers auf eine bestimmte Anzahl Theilstriche des Ocularmikrometers gehen. Da die Größe der Theilstriche bekannt ist, so kann man die durch das Objectiv bewirkte Vergrößerung berechnen. Ist diese bekannt, so erhält man die Größe des Gegenstandes, wenn man mit dieser Zahl in die Anzahl der Theilstriche des Ocularmikrometers, welche das Bild des Gegenstandes einnimmt, dividirt.

In manchen Fällen bietet auch das sogenannte Spitzenmikrometer einen Vortheil dar. Im Brennpunkte eines Oculars finden sich nämlich einander gegenüber zwei feine, durch Schrauben vor- und rückwärts bewegliche Spitzen. Man stellt dieselben so, daß sie das Bild des Objects an seinen Rändern gerade berühren, nimmt das Object hinweg, und legt an seine Stelle (auf den Objecttisch) ein Glasmikrometer und bestimmt nun die noch unverändert gebliebene Entfernung der beiden Spitzen.

§. 233. Die Vergrößerung eines Mikroskops bestimmt man, indem man ein Glasmikrometer auf den Objecttisch legt, und mittelst eines kleinen Sömmering'schen Spiegels oder eines Wollaston'schen Prismas das Bild der Theilstriche des Mikrometers auf einem in der deutlichen Sehweite liegenden Papier auf die §. 231 angegebene Weise nachzeichnet. Man mißt dann die Entfernung dieser Theilstriche nach demselben Maaße, nach welchem das Mikrometer getheilt ist. So vielmal die Theilstriche in der Zeichnung weiter von einander entfernt sind, so vielmal vergrößert das Mikroskop.

Auch ohne Spiegel und Prisma läßt sich diese Bestimmung machen, indem man mit dem einen Auge in das Mikroskop nach dem Mikrometer sieht, und mit dem andern neben das Mikroskop auf das in der Sehweite befindliche Papier. Man sieht auch jetzt das Bild des unter dem Mikroskope

befindlichen Objects auf dem Papier, und kann es nachzeichnen; hierzu gehört freilich erst einige Uebung.

Die Eigenschaften eines guten Mikroskops bestehen in einer starken Vergrößerung, in möglichst großer Lichtstärke bei den bedeutenden Vergrößerungen und in gänzlicher Abwesenheit der Farben an den Rändern der Objecte. Um verschiedene Vergrößerungen anwenden zu können, gehören zu einem Mikroskope stets mehrere Objective und Oculare.

Es ist in dem Vorhergehenden bei den einzelnen Instrumenten nur auf die einfachste Weise das Princip angegeben worden, worauf sie sich gründen. Bei der Ausführung derselben werden aber aus gewissen Rücksichten noch eine oder mehrere Linsen zu den bis jetzt erwähnten hinzugefügt; so z. B. findet man bei dem Mikroskope in beträchtlicher Entfernung hinter dem Objective noch eine Linse eingeschaltet, die sogenannte Collectivlinse; sie vergrößert das Gesichtsfeld und hebt einen Theil der durch das Ocular entstehenden Farben auf. Die Objective sind bei guten Fernröhren und Mikroskopen stets aus mehreren Gläsern (von gewöhnlichem Glase und von Flintglas) zusammengesetzte achromatische Linsen (siehe weiter unten).

§. 234. Läßt man einen Sonnenstrahl, d. h. ein dünnes Bündel Sonnenstrahlen, durch die in dem Fensterladen eines dunkeln Zimmers angebrachte kleine Oeffnung S auf ein dreiseitiges Prisma fallen, so wird, wie oben §. 214 gezeigt, der Strahl gebrochen; zugleich aber entstehen bei dieser Brechung verschiedene Farben. Ist S A, Fig. 161, der einfallende Sonnenstrahl, der ohne eingeschaltetes Prisma in D auf eine weiße Tafel auffallen würde, so entsteht durch die Brechung desselben im Prisma ein langes mehrfarbiges Bild (Spectrum genannt) B C, das nach der Breite aber keine Veränderung erlitten hat.

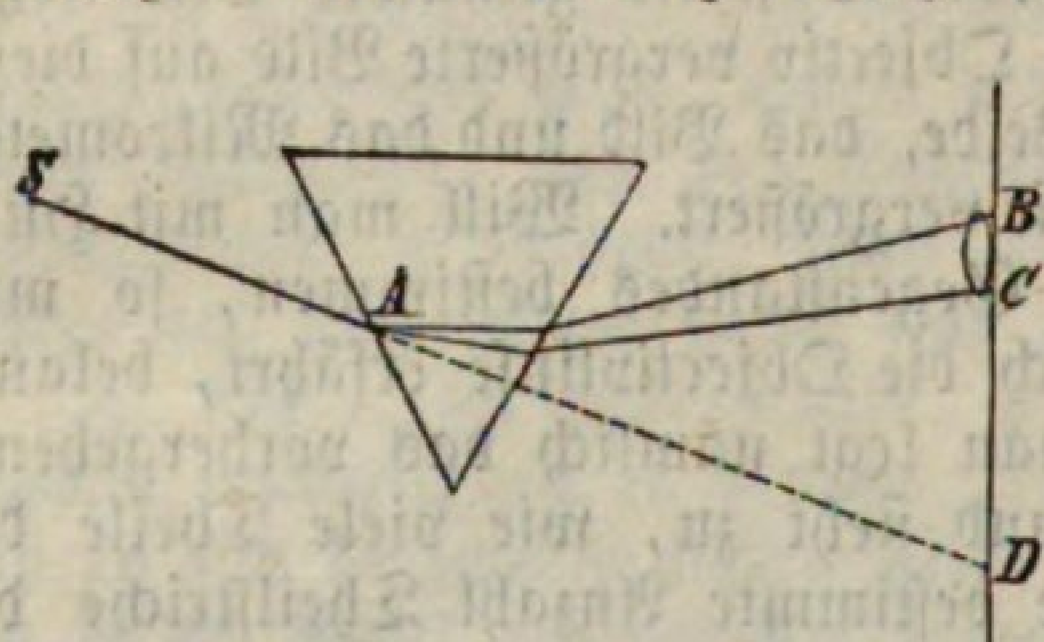


Fig. 161.

Die Farben sind in der Ordnung von B nach C: Violett, Blau, Grün, Gelb, Orange, Roth. Newton trennt das Blau in Indigo und Blau, um entsprechend den sieben Tönen in der Octave auch sieben Farben zu erhalten. Die angegebenen Farben sind nur Hauptfarben, ihre Anzahl im Spectrum ist unendlich groß, indem die einzelnen Farben in einander übergehen. Da der violette Strahl bis B, der rothe aber nur bis C abgelenkt wird, so wird der violette Strahl offenbar stärker gebrochen als der rothe, oder der Brechungsexponent ist für den violetten Strahl größer als wie für den rothen. Ebenso werden alle dem violetten Ende des Spectrums näher liegenden Farben (Blau und Grün) stärker gebrochen, als die dem rothen Ende näher liegenden (Orange und Gelb).

So wie das farblose Sonnenlicht in verschiedenfarbige Strahlen zerlegt wurde, so läßt sich auch umgekehrt aus allen diesen Farben das farblose Licht wieder zusammensetzen. Vereinigt man alle farbigen Strahlen wieder durch eine Converlinse in einen Brennpunkt, so wird das Bild im Brennpunkte wieder farblos.

Ebenso erscheint das durch ein Prisma auf der weißen Fläche B D gebildete längliche Farbenbild wieder als eine vollkommen weiße und runde Scheibe, wenn man dasselbe durch ein zweites Prisma betrachtet, welches so gestellt ist, daß es an der Stelle des Spectrums B C ein gleiches Spectrum geben würde.

§. 235. Läßt man nicht sämmtliche durch die Brechung im Prisma entstandenen farbigen Strahlen auf das Linsenglas fallen, sondern hält einige auf, so erscheint das auf der weißen Tafel vereinigte Licht gefärbt. Hält man z. B. die violetten Strahlen auf, so erscheint das Weiß gelblich; wird nach und nach auch das Blau und Grün aufgehalten, so geht die gelbliche Farbe immer mehr und mehr ins Rothe über. Hält man den mittleren Theil des Farbenbildes auf, so geben die übrigen Strahlen Purpurroth oder Carmoisin. Wenn aber die aufgehaltenen Strahlen wieder mit durch die Linse gehen, so geben alle Strahlen zusammen weißes Licht; daraus geht hervor, daß die Farbe, welche durch Mischung der vorhin durch die Linse hindurchgegangenen Strahlen entsteht, mit derjenigen Farbe, welche aus der Mischung der vorhin aufgehaltenen entsteht, zusammengenommen weißes Licht giebt. Zwei solche Farben, welche zusammengemischt weißes Licht geben, nennt man complementäre Farben.

Den einfachsten Beweis für diese Zusammensetzung des farblosen Lichtes aus sämmtlichen Farben erhält man aber, wenn man nicht ein dünnes Strahlenbündel mit dem Prisma auffängt, sondern das Licht einer etwas weitern Oeffnung. Man kann die durch diese Oeffnung eintretende Lichtmenge als eine Reihe über einander liegender Strahlenbündel betrachten. Fängt man dann dieß Strahlenbündel in einiger Entfernung hinter dem Prisma mit einer weißen Fläche auf, so bildet jeder verschiedenfarbige Bündel auf derselben ein kreisrundes Bild der Oeffnung. Da aber diese einzelnen Bilder größer sind als früher, so werden in der Mitte die Bilder sämmtlicher Farben auf einander fallen; in Folge dessen erscheint die auf der weißen Fläche beleuchtete Stelle in der Mitte weiß. Nach dem obern Ende hin fängt in den auf einander fallenden Bildern zunächst das Roth an zu fehlen, dann das Orange, dann das Gelb u. s. w., so daß das Licht nach diesem Ende hin immer mehr ins Blaue und Violette übergeht. Auf gleiche Weise geht der weiße mittlere Theil nach Unten, weil das Violett und Blaue zu fehlen anfängt, immer mehr ins Orange und Rothe. Das prismatische Bild ist also bei einer weiten Oeffnung nur an seinen beiden Enden farbig, die Mitte erscheint durch das Zusammenfallen sämmtlicher Farben wieder weiß. Aus diesem Grunde mußte bei den ersten Versuchen eine enge Oeffnung genommen werden. Da die Oeffnung jedoch nicht zu eng sein darf, um nicht das Licht zu sehr zu schwächen, so ist es bei dem frühern Versuche noch besser, das Licht durch eine Linse mit kurzer Brennweite gehen zu lassen, von deren Brennpunkte die Strahlen dann fast wie aus einem Punkte divergiren.

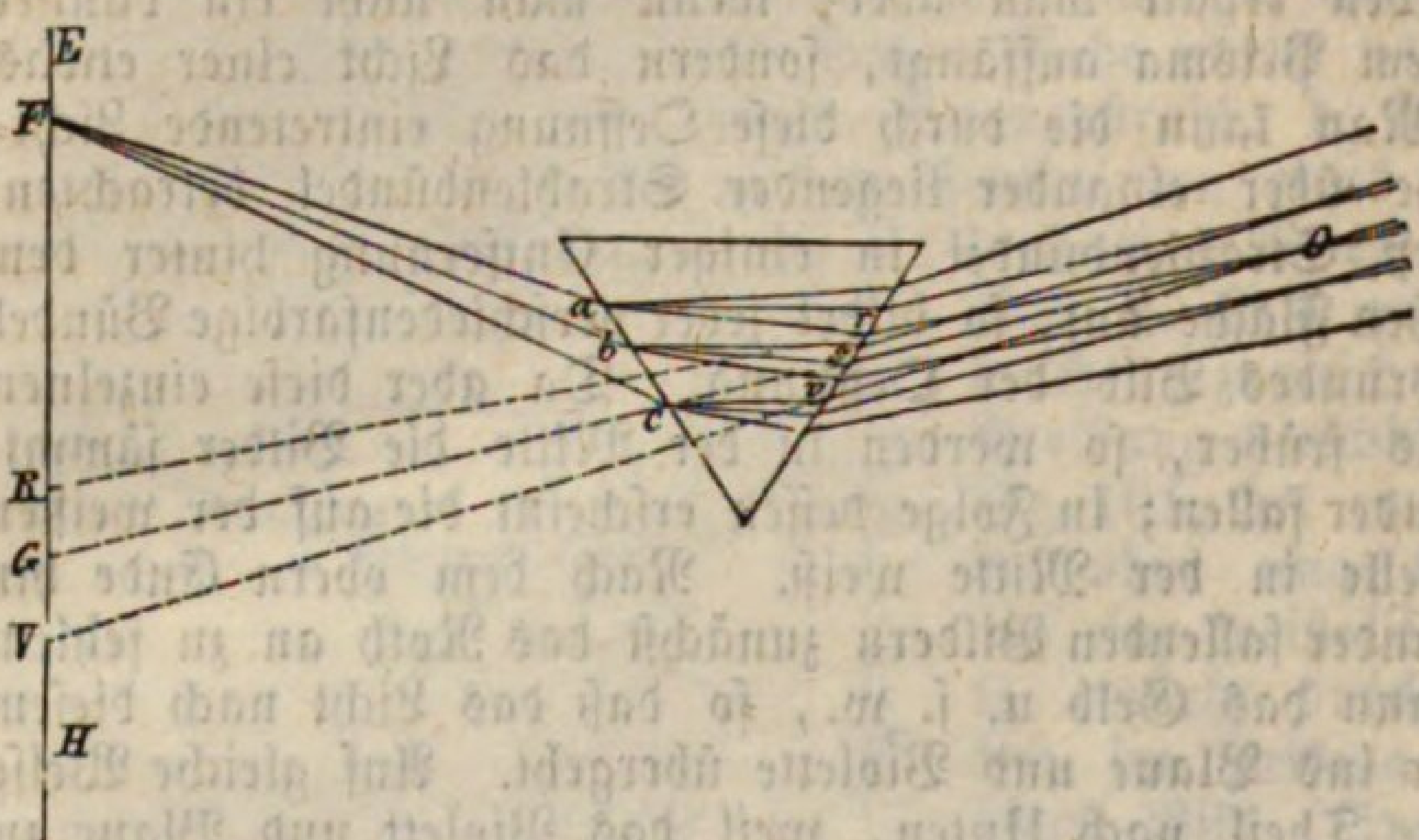
Daß die einzelnen Farben bei dem Zusammentreffen mit den übrigen aber keine Veränderung erleiden, hat Newton durch folgenden Versuch gezeigt. Er ließ das weiße Licht, welches in der Mitte eines durch eine etwas weitere Oeffnung erzeugten Farbenbildes sichtbar wird, auf einen Schirm mit einer engen Oeffnung fallen. Da hiebei die das weiße Licht auf jedem Punkte des Schirmes bildenden Strahlen in verschiedenen Richtungen von dem Prisma herkommen, so setzen sie beim Durchgang durch die Oeffnung ihre Wege fort, und gehen wieder aus einander. Fängt man dann durch eine weiße Fläche dieses Licht auf, so zeigt es wieder die sämmtlichen prismatischen Farben.

§. 236. Bringt man in dem vorhin beschriebenen Versuche, wo das Sonnenlicht durch eine kleine Oeffnung hindurch auf das Prisma fiel, das Auge selbst an die Stelle, an welcher das Bild sich befindet, so sieht man die Sonne durch das Prisma und die enge Oeffnung hindurch prächtig und

glänzend gefärbt. Befindet sich das Auge in dem rothen Lichte, so erscheint die Sonne roth u. s. w. Wird die Oeffnung so weit vergrößert, daß das Farbenbild in der Mitte weiß erscheint, so erscheint auch an diesen Stellen die Sonne dem Auge farblos.

Es ist nach dem Vorhergehenden leicht, die Erscheinungen zu erklären, welche helle und dunkle Gegenstände zeigen, wenn sie durch ein Prisma betrachtet werden. Betrachtet man zuvörderst einen weißen Punkt auf einem schwarzen Grunde, so erscheint derselbe lang gezogen in einer Richtung, welche auf der Axe des Prisma's senkrecht steht, und gefärbt. Die Farben folgen, wenn das Prisma horizontal und die brechende Kante desselben nach Unten gekehrt ist, von Oben nach Unten in der Ordnung Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett, auf einander, d. h. sie erscheinen in umgekehrter Ordnung, als in dem Versuche §. 234.

Es sei EH, Figur 162, eine schwarze Tafel und F ein weißer Punkt (oder eine Oeffnung, durch welche man das Tageslicht sieht), so fallen auf die ganze vordere Fläche des Prisma's von diesem Punkte aus Lichtstrahlen, und werden durch dasselbe farbig gebrochen. Betrachten wir z. B. die Strahlen Fa, Fb, Fc; jeder wird in unzählig viele farbige Strahlen aufgelöst, von denen jedoch hier nur drei gezeichnet sind, zwei von den Enden und einer aus der Mitte (es möge ein grüner Strahl sein). Das in O befindliche Auge erhält durch den Strahl rO rothes Licht, durch gO grünes Licht, durch vO violettes Licht; es glaubt den Punkt F in der Verlängerung dieser Strahlen zu sehen, und erblickt so ein längliches Bild RGV, das oben roth, in der Mitte grün und unten violett ist. Leicht ist es, diese Construction auch auf die übrigen farbigen Strahlen auszudehnen, und sich zu überzeugen, daß das Orange und Gelb zwischen dem Roth und Grün, und das Blau zwischen dem Grün und Violett erscheint.



Figur 162.

Eine horizontale weiße Linie (oder eine horizontale schmale Oeffnung, hinter welcher sich der helle Himmel befindet) erscheint durch das Prisma auf gleiche Weise farbig; indem jeder Punkt derselben in der vertikalen Richtung zu einem länglichen Farbenbilde ausgedehnt wird, bildet sich aus der Linie ein farbiges Rechteck, welches oben roth, dann orange u. s. w., und unten violett ist. — Eine vertikale weiße Linie erscheint aber nur an ihrem obern und untern Ende gefärbt, wenn sie durch ein Prisma betrachtet wird, dessen brechende Kante horizontal und nach Unten gekehrt ist. In der Mitte fallen die sämmtlichen Farben zusammen und geben weißes Licht; am obern Ende bleibt sie gelbroth, am untern dagegen blauviolett. — Betrachet man ein weißes Rechteck auf schwarzem Grunde, dessen Seiten horizontal und vertikal sind (oder eine gleiche Oeffnung, hinter welcher heller Himmel sich befindet) durch ein horizontales Prisma, dessen brechender Winkel nach Unten gewendet ist, so erscheint es in der Mitte weiß, am obern Ende zeigt sich

dagegen ein gelbrother, am untern ein blauvioletter Raum; die vertikalen Seiten sind nicht gefärbt.

Befinden sich schwarze Flächen auf einem weißen Grunde, so läßt sich leicht angeben, wie sie bei der Betrachtung durch ein Prisma erscheinen werden, sobald man bedenkt, daß die schwarze Fläche kein Licht aussendet, und die obere Grenze der schwarzen Fläche Nichts weiter, als die untere Grenze der weißen Fläche, und ebenso die untere Grenze der schwarzen Fläche die obere Grenze einer zweiten weißen Fläche ist. Es erscheinen deßhalb die Fensterstäbe (die Begrenzungen der hellen Scheiben) oben blau und violett, unten gelb und roth.

§. 237. In dem prismatischen Farbenbilde oder Spectrum bemerkte Wollaston (im Jahre 1802), als er durch ein sehr reines Flintglasprisma einen $1/20$ Zoll breiten leuchtenden Streifen in einer Entfernung von 10—12 Fuß betrachtete, zwei dunkle und feste Linien, die eine in Blau, die andere in Grün.

Später fand Fraunhofer, als er das durch ein Prisma von ganz vorzüglichem Flintglase gebildete Farbenbild einer Lichtlinie (engen Spalte in dem Laden des dunkeln Zimmers) mit einem achromatischen Fernrohre betrachtete, eine große Anzahl dunkler Streifen von verschiedener Breite, welche das Spectrum von einer Seite nach der andern (d. h. parallel mit der engen Spalte und der Kante des Prismas) durchzogen. Sie begrenzen nicht die einzelnen Farben, sondern sind sehr mannigfaltig in demselben zerstreut; ihre Zahl beträgt über 600.

Die Bestimmtheit dieser dunklen Streifen und ihre feste Lage in Beziehung auf die Farben des Spectrums bei Anwendung von Sonnenlicht, geben denselben einen unschätzbaren Werth für die Bestimmung der Brechungsverhältnisse der einzelnen Farben bei Anwendung von Prismen aus verschiedenen Substanzen. Es ist unmöglich, die Brechung der einzelnen Farben auch nur einigermaßen scharf zu bestimmen, wenn man die Farben unmittelbar beobachten will, weil die einzelnen Farben nicht scharf abgegrenzt sind, sondern allmälig in einander übergehen; mit der größten Genauigkeit kann aber die Bestimmung des Brechungsexponenten geschehen, wenn man die Lagen der verschiedenen dunklen Streifen im Farbenbilde bestimmt, da ihr Verhältniß zu den Farbenräumen bei Anwendung derselben Lichtquelle dasselbe bleibt.

Fraunhofer hat auf diese Weise die Brechungsverhältnisse für eine Reihe von Körpern mit der größten Sorgfalt bestimmt.

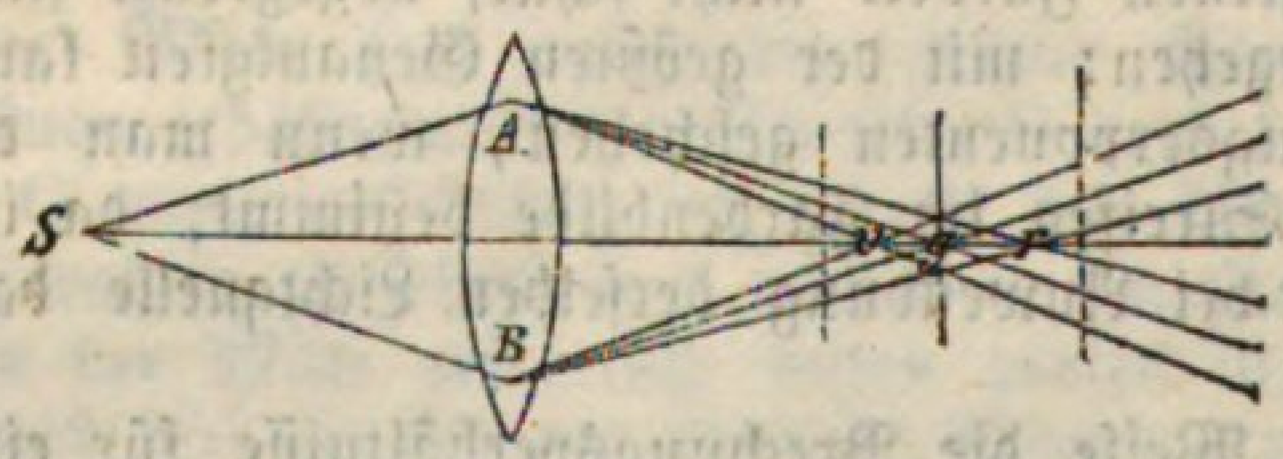
§. 238. Die Länge der Farbenbilder und die Länge der einzelnen gleichfarbigen Räume ist in Prismen von verschiedenen Stoffen sehr verschieden. So bestimmte z. B. Newton für die Glasart, aus welcher sein Prisma bestand, und Fraunhofer für sein Flintglas die Längen der einzelnen Farben auf folgende Weise:

	Newton	Fraunhofer
Roth	45	56
Orange	27	27
Gelb	40	27
Grün	60	46
Blau	60	48
Indigo	48	47
Violett	80	109

Zugleich ersieht man, daß die Verhältnisse der einzelnen Farben für die beiden verschiedenen Prismen nicht dieselben sind.

Nimmt man ein Prisma von Flintglas und ein zweites von Crownglas von gleich großen Winkeln, und läßt durch jedes unter denselben Verhältnissen ein farbiges Sonnenbild sich bilden, so zeigt sich, daß erstens das Flintglas die rothen sowohl als auch die violetten Strahlen stärker bricht, als das Crownglas, und daß zweitens der Winkel, unter welchem die rothen und violetten Strahlen beim Flintglase zerstreut werden, größer ist, als beim Crownglase. Setzte man beide Prismen in entgegengesetzter Lage an einander, so würde durch beide sowohl die Brechung als auch die Zerstreuung eines Lichtstrahles in dem Sinne des Prisma's aus Flintglas sein. Man kann daher den brechenden Winkel des Prisma's aus Flintglas so weit verkleinern, daß der Unterschied zwischen den durch dasselbe erzeugten Abweichungen des rothen und violetten Strahles gleich ist dem Unterschiede zwischen den Abweichungen derselben Strahlen, welche durch das Crownglas bewirkt werden. Da die Zerstreuung beim Flintglase in einem stärkeren Verhältnisse zunimmt, als die Brechung, so wird, wenn die zerstreuenden Wirkungen beider Prismen gleich geworden sind, das Flintglasprisma schwächer brechen, als das Crownglasprisma. Es würde also bei Zusammenlegung dieser beiden Prismen im entgegengesetzten Sinne eine Brechung übrig bleiben ohne Farbenzerstreuung, vorausgesetzt, daß die verschiedenfarbigen Räume der Farbenbilder der beiden Prismen den Längen der Farbenbilder proportional wären. Dieß ist aber nicht völlig genau der Fall, sondern wenn man durch eine Verbindung der angegebenen zwei Prismen z. B. einen Fensterstab betrachtet, so erscheint er an seinen Rändern noch sehr schwach farbig, weil die gleichfarbigen Räume in den durch beide Prismen erzeugten Farbenbildern nicht gleiche Ausdehnung haben.

§. 239. Da eine convexe Glaslinse ähnlich einem ringförmig zusammengelegten Glasprisma wirkt, so wird das in ihrem Brennpunkte erzeugte Bild ebenfalls farbig erscheinen, weil nicht alle in dem weißen Lichte, das von dem Punkte S, Figur 163, ausgeht, enthaltenen farbigen Strahlen wegen ihrer verschiedenen Brechbarkeit in demselben Brennpunkte sich vereinigen. So vereinigen sich die violetten Strahlen, welche stärker gebrochen werden, schon in v, die gelben in g und die rothen in r. Fängt man den Strahlenkegel in v mit einer weißen Fläche auf, so erscheint der Rand des leuchtenden Kreises gelbroth, weil diese Strahlen nach Außen liegen; in r aufgefangen erscheint der leuchtende Kreis dagegen außen violett, weil jetzt die sich durchkreuzt habenden violetten Strahlen nach Außen liegen. Am wenigsten gefärbt wird das Bild in g erscheinen.



Figur 163.

Diese Farben hindern aber, wenn sie in den Bildern von Objectivlinsen der Fernröhre und Mikroskope erscheinen, jede genaue Beobachtung eines Gegenstandes durch ein Fernrohr und Mikroskop; alle Ränder der Objecte erscheinen stark gefärbt, weil die Farben ebenfalls durch das Ocular mit vergrößert werden. Man sucht diese Farben auf gleiche Weise fortzuschaffen, wie bei dem so eben erwähnten Prisma; man setzt nämlich das Objectivglas AB, Figur 164, aus einer Convexlinse aus gewöhnlichem Glase, und

aus einer hinter ihr befindlichen concaven Linse aus Flintglas, deren Krümmungen passend gewählt sind, zusammen. Die Krümmungen der Converlinse sind stärker als die der concaven Flintglaslinse, so daß durch beide hindurch noch eine Brechung im Sinne der Converlinse geschieht, d. h. daß im Brennpunkte dieser zusammengesetzten Linse hinter ihr ein wahres und umgekehrtes Bild des sehr entfernten Gegenstandes erscheint. Da, wie erwähnt, die Farbenzerstreuung des Flintglases größer ist, als die des gewöhnlichen Glases, so wird die schwächer gekrümmte convexe Flintglaslinse die Farben einer stärker gekrümmten Converlinse aus Crownglase aufheben können, weil dieselben in der Brechung durch die concave Flintglaslinse gerade die umgekehrte Lage haben, als in der Brechung durch die convexe Crownglaslinse. Eine solche zusammengesetzte Linse heißt eine achromatische Linse, und die aus ihr construirten Instrumente achromatische Fernröhre und Mikroskope.

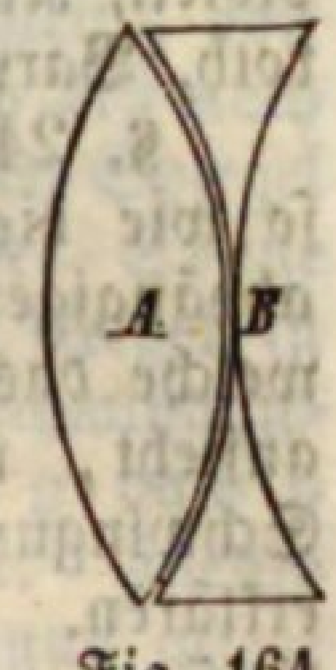


Fig. 164.

§. 240. Betrachtet man das von einem Prisma erzeugte farbige Spectrum durch farbige Gläser oder Flüssigkeiten, so wird sein Ansehen sehr geändert, weil die verschiedenen Farben in sehr verschiedenem Grade durch die vorgehaltenen gefärbten Mittel verschluckt oder absorbirt werden; das Auge erblickt also nur den Rest des Farbenbildes in den durchgedrungenen farbigen Strahlen.

Man kann die Erscheinungen der Absorption am besten verfolgen, wenn man das durch ein farbloses Prisma auf einer weißen Fläche gebildete Farbenbild durch den absorbirenden Körper betrachtet, oder noch besser, den letztern unmittelbar hinter das Prisma bringt, und dann durch beide eine erleuchtete enge Oeffnung in dem Fensterladen eines dunklen Zimmers ansieht. Hält man ein smalteblaues Glas zwischen das Auge und das Prisma, so erscheint das Farbenbild, wenn das blaue Glas sehr dünn ist, fast ungeändert; sowie aber die Dicke des Glases zunimmt, werden gewisse Theile des Farbenbildes immer schwächer und schwächer, während andere nur wenig von ihrer Helligkeit verlieren. Beträgt die Dicke vielleicht $^{1}/_{20}$ Zoll, so erscheint das Farbenbild aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt, die durch breite und völlig schwarze Zwischenräume getrennt sind; die Mitte vom Roth ist gänzlich absorbirt, das innere Roth in geringer Intensität vorhanden, das Orange ist ganz verschwunden, das Gelb steht fast isolirt, in dem Grün ist die eine Seite nach dem Gelben stark absorbirt, während das übrige Grün und das Blau wenig gelitten haben. Bei noch größerer Dicke des blauen Glases nehmen das innere Roth, das Gelb, Grün und Blau schnell ab, und bei einer gewissen Dicke sind alle Farben bis auf die beiden Enden Roth und Violett verschwunden; da die Intensität des rothen Lichtes größer ist, so erscheint jetzt das Glas roth, während es bei geringerer Dicke blau aussieht. — Während das blaue Glas vorzugsweise die Mitte des Farbenbildes absorbirt, so absorbiren andersfarbige, z. B. grüne, Gläser das eine oder das andere oder auch beide Enden.

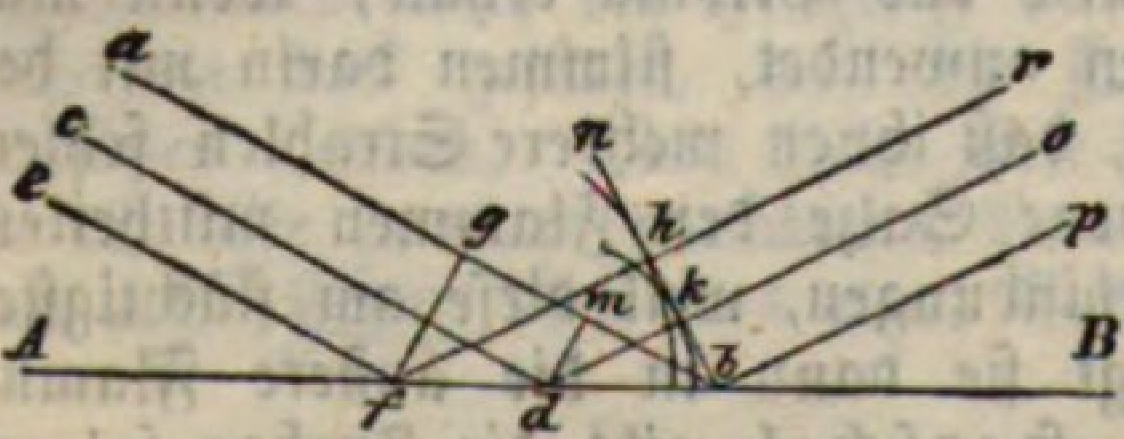
Die Farbenbilder, welche man durch das Prisma erhält, wenn man statt des Sonnenlichtes farbige Flammen anwendet, stimmen darin mit den durch farbige Gläser betrachteten überein, daß ihnen mehrere Strahlen fehlen. Man sieht die Farben, welche verschiedene Salze den Flammen mittheilen, am besten bei Anwendung der Chlorverbindungen, weil diese am flüchtigsten sind; man pulvert dieselben, und bringt sie dann in die äußere Flamme einer Kerze oder einer Weingeistlampe. Herschel gibt die Farben folgendermaßen an. Sodasalze färben die Flamme gleichartig gelb, Kalisalze blau-

violett, Kalksalze ziegelroth, Strontiansalze lebhaft carmoisinroth, Lithionsalze roth, Barytsalze blaß apfelgrün, Kupfersalze schön grün oder blaugrün.

§. 241. Die Entstehung der Farben durch die Brechung in einem Prisma, so wie die gleich zu erwähnende Interferenz des Lichtes (mit allen von ihr abhängigen Erscheinungen) vermag die Newton'sche oder Emanations-Theorie, welche das Licht für einen aus dem leuchtenden Körper ausstrahlenden Stoff ansieht, nicht zu erklären. Die Vibrationstheorie, welche das Licht als Schwingungen auffaßt, kann dagegen alle bis jetzt bekannten Erscheinungen erklären. Es ist deßhalb hier nicht nöthig, die zuerst genannte Theorie weitläufiger zu erläutern. — Nach der Vibrations- oder Undulationstheorie besteht das Licht in den Schwingungen des leuchtenden Punktes, welche sich dem umgebenden Aether mittheilen und durch die Elasticität desselben fortgepflanzt werden. Diese Schwingungen geschehen in regelmäßiger Aufeinanderfolge; aber die Zeiten, welche überhaupt zu einer Schwingung gebraucht werden, können verschieden sein, eben so wie die Zeiten, welche ein Pendel oder eine Saite zu einer Schwingung gebraucht. Auf gleiche Weise nun, wie die in verschiedenen Zeiten vollendeten Schallschwingungen dem Ohre höher oder tiefer erscheinen, erscheinen die langsameren und schnelleren Lichtschwingungen dem Auge als verschiedene Farben. Die Schwingungen des violetten Lichtes folgen einander viel schneller und sind also auch kürzer als die des blauen, grünen u. s. w., gerade so wie die zu höheren Tönen gehörigen Schallschwingungen auch kürzer sind, als die den tieferen Tönen angehörigen. In der folgenden Tabelle sind in der ersten Reihe die Wellenlängen der einzelnen Farben, in der zweiten die Verhältnisse zwischen der Zeit einer Aetherschwingung und dem $\frac{1}{1000000000000000}$ Theile einer Secunde und in der dritten die Anzahl der Billionen Schwingungen, welche in einer Secunde gemacht werden, angegeben.

Aeußerstes Violett	406	1,28	764
Violett	423	1,36	735
Grenze zwischen Violett und Indigo	439	1,42	707
Indigo	449	1,45	691
Grenze zwischen Indigo und Blau	459	1,48	676
Blau	475	1,53	653
Grenze zwischen Blau und Grün .	492	1,59	630
Grün	511	1,65	607
Grenze zwischen Grün und Gelb .	532	1,72	583
Gelb	551	1,78	563
Grenze zwischen Gelb und Orange .	571	1,84	543
Orange	583	1,88	532
Grenze zwischen Orange und Roth	596	1,92	520
Roth	620	200	500
Aeußerstes Roth	645	208	481

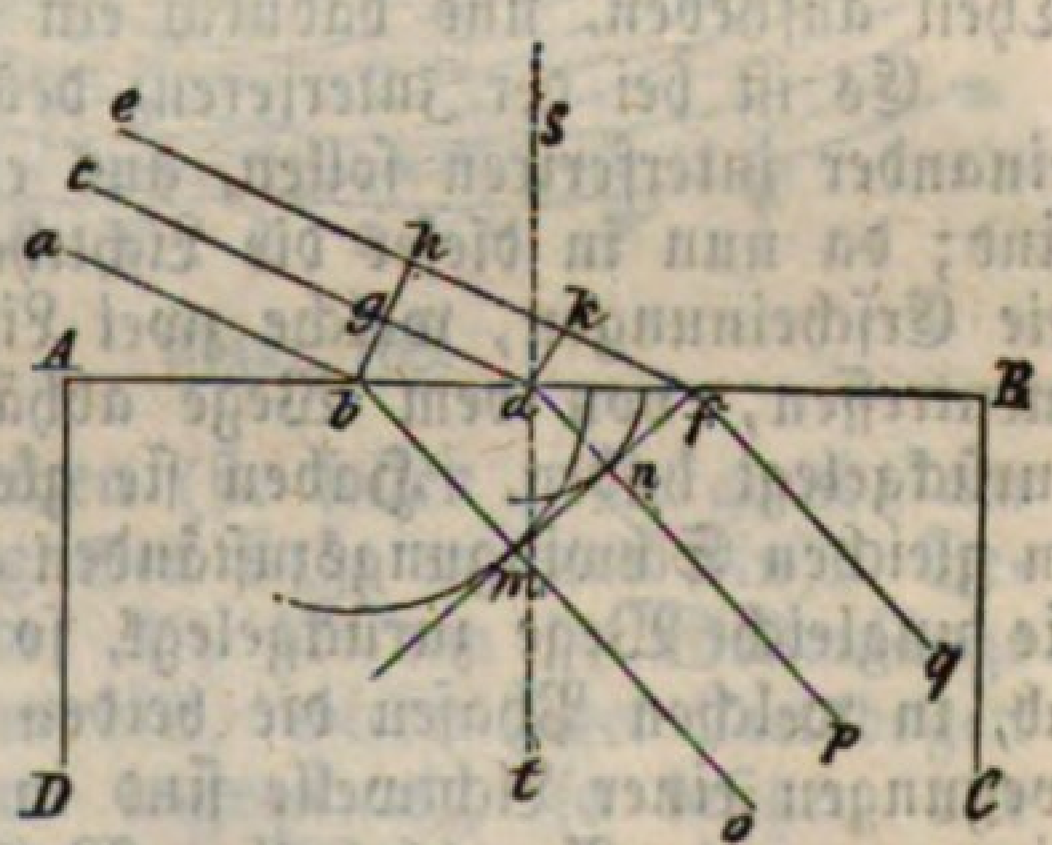
§. 242. Es ist leicht, die Zurückwerfung und die Brechung des Lichtes aus dieser Theorie zu erklären. AB, Fig. 165, ist eine spiegelnde Fläche, und abef bedeutet einen Sonnenstrahl, der unter dem Winkel efA gegen den Spiegel geneigt ist. Der Seitenstrahl ef trifft die Ebene AB früher als ab,



Figur 165.

und es wird, wenn die beiden Schwingungen ef und ab gleichzeitig von der Sonne ausgingen, die Bewegung des Aethers in der Linie ab erst nach g gekommen sein, wenn die Bewegung desselben in ef in f schon den Spiegel trifft. fg steht senkrecht auf ef und ab, weil die Wege von der Sonne aus bis nach f und g gleich sind. Indem der in f befindliche Aether in Schwingung gesetzt wird, verbreitet er als ein Mittelpunkt die Schwingungen ringsum, und zwar während der Zeit, daß das Licht von g nach b gelangt, bis zu einer Kugelfläche, deren Radius fh gleich gb ist. Ebenso hat der Punkt d, der früher als b, aber später als f in Schwingung gesetzt wurde, in dem Augenblicke, wo der Strahl ab in b den Spiegel trifft, ringsum eine Welle erzeugt, deren Radius dk = mb; denn da das Licht gleichzeitig in m und d anlangt, so muß, während das Licht in ab um das Stück mb sich fortbewegt, das Licht von d aus um den gleichen Raum dk sich ausbreiten. Nun erregt aber ein einziger Elementarstrahl, wie ef oder cd oder ab, noch keine Lichtempfindung in unserem Auge, es sind, um dieselbe hervorzurufen, eine Reihe paralleler Schwingungen nothwendig. Man wird also das zurückgeworfene Licht in der Richtung wahrnehmen, in welcher die zurückgeworfenen Wellen sich verstärken und unterstützen; man findet diese Richtung, wenn man an die zurückgeworfenen Wellenflächen eine gemeinschaftliche Tangente bn, und die auf dieser senkrechten Strahlen fh oder dk zieht; der zurückgeworfene Strahl hat also die Richtung nach fr oder do oder bp (die alle drei parallel sind). Da die beiden Dreiecke fhb und fgb congruent sind, so müssen auch die Winkel gbf und hfb gleich sein; es bildet also der Lichtstrahl nach der Zurückwerfung denselben Winkel mit der Spiegelfläche, als beim Einfallen. Dieß ist das oben schon bewiesene Gesetz (§. 199). Die Schwingungen des Lichts, welche sich von den Punkten f, d u. s. w. nach andern Richtungen als fr, do u. s. w. verbreiten, vernichten sich, und werden also nicht wahrgenommen.

§. 243. Auf gleiche Weise ergibt sich auch die Erklärung der Brechung des Lichtes. Obige Geschwindigkeit und Länge der Lichtwellen bezog sich auf die Bewegung des Lichtes in der Luft; in festen und flüssigen Körpern ist aber die Elasticität des Aethers kleiner, und die Fortpflanzung des Lichtes geschieht um so weniger schnell, je geringer diese Elasticität ist. Fällt nun z. B. auf die Oberfläche eines durchsichtigen Glases AB, Figur 166, ein Lichtstrahl abef auf, so werden die Strahlen ab und cd eher die Oberfläche treffen, als ef; der Punkt b wird erreicht, wenn die Bewegung in den andern beiden Strahlen erst nach g und h gekommen ist. Ist die Bewegung im Strahle ef von h bis f gelangt, so hat unterdeß der Punkt b rings um sich, also auch in der Glasmasse ABCD eine Welle erzeugt, deren Radius bm aber jetzt kleiner ist, als hf, weil die Fortpflanzung der Schwingungen im Glase langsamer erfolgt, als in der Luft; eben so ist der Radius der



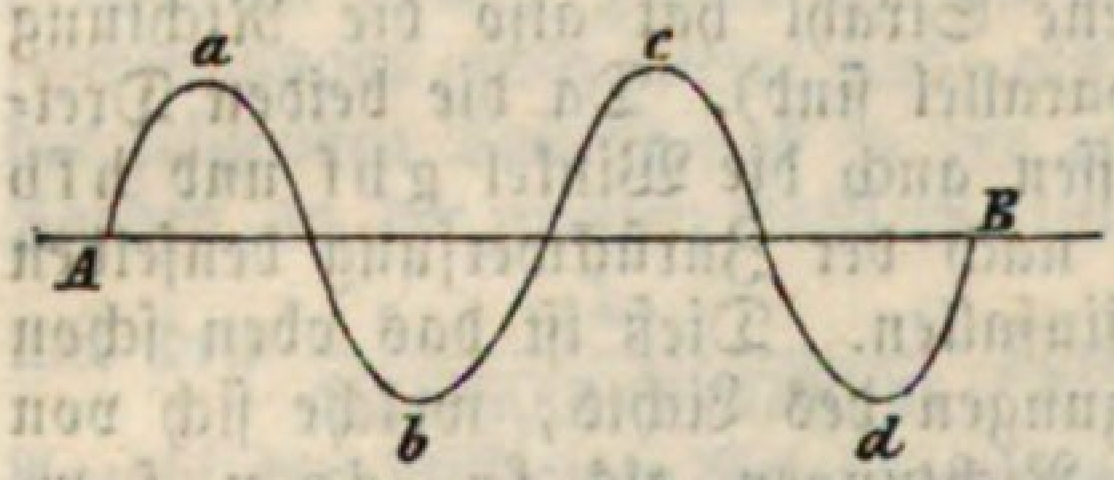
Figur 166.

von d ausgegangenen Welle dn kleiner als kf. Legt man jetzt eine gemeinschaftliche Tangente an alle Wellen (die auch von den übrigen zwischen b und f liegenden Punkten ausgehen), so geben die auf derselben senkrechten Strahlen bo, dp und fg die Richtung an, in welcher sich die einzelnen elementaren Wellenbewegungen unterstützen und verstärken. Die nach andern

Richtungen gewendeten und von den verschiedenen Punkten ausgegangenen Bewegungen vernichten sich, weil sie nicht übereinstimmen. Man sieht in der Zeichnung, wie der Lichtstrahl im vorliegenden Falle dem Einfallslothe s t zugebrochen wird. Je geringer die Elasticität des Mittels, in welches der Strahl übergeht, ist, desto kleiner ist der Radius der Welle b m im Verhältnisse zu h f, und desto stärker wird die Welle gebrochen.

§. 244. Bei der Fortpflanzung der Wellenbewegung in dem Aether besteht aber eine Abhängigkeit zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und der Schwingungsdauer, und in dieser liegt der Grund, warum bei der Brechung des Lichtes (also z. B. in einem Prisma) Farben entstehen. Es pflanzen sich nämlich diejenigen Wellen, in denen die Aethertheilchen ihre Schwingungen in kürzerer Zeit vollenden (also die violetten, blauen), langsamer fort, als diejenigen, deren Schwingungsdauer größer (die rothen, orangenen). Es ist jedoch nicht möglich, ohne mathematische Entwickelung diesen Zusammenhang hier nachzuweisen.

Die Schwingungen des Aethers erfolgen senkrecht auf die Richtung, in welcher sich der Lichtstrahl fortbewegt, eben so wie auch die Wasserwellen senkrecht auf der Richtung ihrer Fortpflanzung oder Verbreitung standen. Ist also A B die Richtung des Lichtstrahles, so haben die Wellen die in der Figur 167 angedeuteten Formen. So wie nun bei dem Zusammentreffen zweier Wasserwellen (§. 166) eine Interferenz stattfand, so wird dieselbe ebenfalls wieder eintreten müssen bei den Lichtwellen. Treffen zwei Lichtwellen so zusammen, daß sie den Aethertheilen die gleiche Bewegung mittheilen wollen, so verstärken sie sich; findet dieß aber nicht statt, sondern werden sie, jede für sich, den Aethertheilchen eine gleich große entgegengesetzte Bewegung mittheilen, so können beide Wellen vereint die Aethertheilchen gar nicht in Bewegung setzen, weil die eine Bewegung die andere aufhebt; es wird an dieser Stelle kein Licht wahrgenommen. Sind die Bewegungen, welche die beiden zusammentreffenden Lichtwellen einzeln hervorbringen wollen, einander zwar entgegengesetzt, aber nicht an Stärke gleich, so werden sich die Bewegungen nur zum Theil aufheben, und dadurch ein geschwächtes Licht erzeugen.



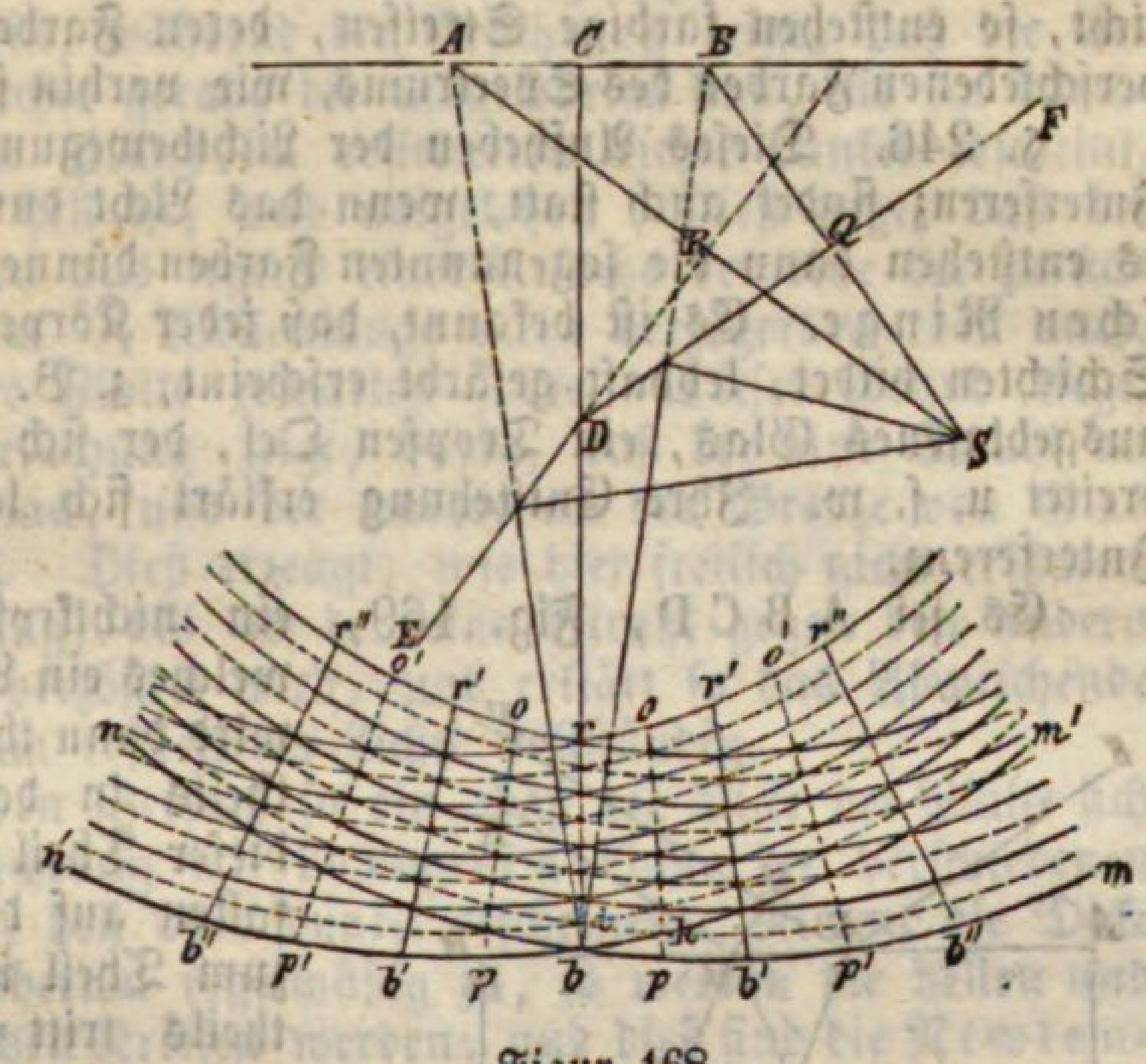
Figur 167.

Es ist bei der Interferenz des Lichtes nöthig, daß die Lichtwellen, welche einander interferiren sollen, aus einer und derselben Lichtquelle ausgegangen sind; da nun in dieser die Lichttheilchen dieselbe Bewegung haben, so werden die Erscheinungen, welche zwei Lichtstrahlen zeigen, wenn sie wieder zusammentreffen, von dem Wege abhängig sein, den sie bis zu diesem Punkte zurückgelegt haben. Haben sie gleiche Wege zurückgelegt, so werden sie auch in gleichen Schwingungszuständen oder Phasen wieder zusammentreffen; haben sie ungleiche Wege zurückgelegt, so hängt es von der Größe des Unterschiedes ab, in welchen Phasen die beiden Wellen wieder zusammentreffen. Die Bewegungen einer Lichtwelle sind in zwei um eine halbe und überhaupt um eine ungerade Anzahl halber Wellenlängen entfernten Punkten, z. B. in a und b, in a und d, Figur 167, einander entgegengesetzt, in zwei um eine ganze oder mehrere ganze (oder gerade Anzahl halber) Wellenlängen entfernten, z. B. in a und c, in b und d aber gleichartig. Treffen also zwei Wellen so zusammen, daß ihr Wegeunterschied eine ungerade Anzahl halber Wellenlängen beträgt, so werden sich die beiden entgegengesetzten Bewegungen in diesem Punkte aufheben, und er muß völlig schwarz erscheinen;

beträgt der Unterschied in ihren Wegen aber eine gerade Anzahl halber Wellenlängen, so muß diese Stelle mit der Farbe (bei gleichartigem Lichte), die man angewendet hat, verstärkt erleuchtet werden; liegt der Wegeunterschied zwischen den beiden angegebenen Grenzen, so wird die Beleuchtung schwächer sein.

Da das erwähnte Aufheben und Verstärken der Lichtwellen von dem Wegeunterschiede abhängt, und da die Wellen des verschiedenfarbigen Lichtes verschiedene Längen haben, so ist klar, daß bei gleichen Wegeunterschieden doch nicht die zusammentreffenden Phasen aller Lichtgattungen dieselben sein können, wenn man verschiedenfarbiges Licht anwendet. Es werden die zusammentreffenden Wellen bei einer Farbe sich an einer Stelle aufheben, wo sie bei Anwendung anderer Farben sich nur schwächen oder wohl gar verstärken. Wendet man also zu solchen Versuchen das zusammengesetzte weiße Sonnen- oder Wolkenlicht an, so werden an bestimmten Stellen einige der Farben desselben sich mehr oder weniger aufheben, andere dagegen sich verstärken; die Mischung dieser übrig bleibenden Farben kann folglich nicht wieder weißes Licht erzeugen (da ein Theil der zum weißen Lichte gehörigen Farben fehlt), sondern gibt eine dieser Mischung entsprechende Farbe.

§. 245. Ein sehr wichtiger Versuch ist in dieser Beziehung von Fresnel angestellt worden. Man nimmt zwei Spiegel DF und DE, Fig. 168, die einen sehr stumpfen Winkel FDE mit einander bilden, und läßt von einem leuchtenden Punkte S homogenes oder gleichfarbiges Licht auf beide fallen. Die Strahlen werden dann von beiden Spiegeln reflectirt, und zwar genau so, als ob sie von den beiden Punkten B und A hinter den Spiegeln, so daß QB = QS und AR = RS (§. 200), ausgingen.



Figur 168.

Beschreibt man also mit einem und demselben Radius Ab oder Bb von A und B aus die Kreisbogen mbn und m'bn', so werden die auf diesen befindlichen Aethertheilchen in Folge des von S ausgegangenen Lichtes dieselbe Bewegung zeigen (sie sollen z. B. gerade am weitesten nach Oben hin von ihrer ursprünglichen Lage entfernt sein). Beschreibt man dann mit einem Radius Ai oder Bi, der um $\frac{1}{2}$ Wellenlänge des angewendeten Lichtes bi kleiner ist als vorhin, wieder zwei Kreisbogen aus A und B (sie sind punktirt in der Figur angegeben), so besitzen alle auf ihnen befindlichen Aethertheilchen wieder dieselbe Bewegung, aber gerade die entgegengesetzte, als die auf den beiden Kreisen mbn und m'bn'. Beschreibt man mit einem um $\frac{1}{2}$ Wellenlänge kleinern Radius zwei neue Kreise, so haben alle auf diesen befindliche Aethertheilchen dieselbe Bewegung, wie die auf den Kreisen mbn und m'bn' liegenden, aber die entgegengesetzte als die auf den punktirten Kreisen befindlichen u. s. w. In der Figur 168 bedeuten alle ausgezogenen Kreislinien die Aethertheilchen, die sich in einer

gleichen Bewegung befinden; die punktirten Kreislinien bedeuten Aethertheilchen, welche sämmtlich unter sich dieselbe, aber eine der vorhergehenden gerade entgegengesetzte Bewegung haben. In den mittleren Theilen zwischen den angegebenen Kreislinien befinden sich die Theilchen in den mittleren Bewegungen.

Wo zwei ausgezogene und zwei punktirte Kreise sich schneiden, verstärken sich die Wellen, weil gleichgerichtete Bewegungen zusammenwirken; wo dagegen ein ausgezogener Kreis einen punktirten scheidet, heben sich die Wellenbewegungen gänzlich auf, weil die Bewegungen, welche den Aethertheilchen durch beide Wellen mitgetheilt werden, gerade entgegengesetzt und gleich sind. Man erkennt nun in der Figur, daß alle Stellen, wo die Schwingungen sich verstärken und vernichten, in geraden Linien liegen. In den Linien b r, b′r′, b″r″ u. s. w. erscheint also Licht, in den Linien op, o′p′ u. s. w. ist es dagegen dunkel; man wird folglich, wenn man diese Stellen mit dem Auge auffängt, helle und dunkle Streifen beobachten.

Hat man den Abstand zweier dunklen Streifen b b′ von einander oder den Abstand eines hellen und dunkeln $bp = \frac{1}{2}\, b b'$, und den Winkel beider Spiegel FDE genau gemessen, so läßt sich aus dem kleinen Dreieck b h i die halbe Länge der Lichtwelle b i berechnen. — Wendet man Licht von verschiedenen Farben an, so erhält man die von Fresnel auf diese Weise berechnete Wellenlänge für die verschiedenen Farben. — Nimmt man Sonnenlicht, so entstehen farbige Streifen, deren Farbe sich aus der Mischung der verschiedenen Farben des Spectrums, wie vorhin schon erwähnt, herleiten läßt.

§. 246. Dieses Aufheben der Lichtbewegung an gewissen Stellen durch Interferenz findet auch statt, wenn das Licht durch sehr dünne Platten geht; es entstehen dann die sogenannten Farben dünner Platten oder die Newtonschen Ringe. Es ist bekannt, daß jeder Körper, wenn er hinlänglich dünne Schichten bildet, lebhaft gefärbt erscheint, z. B. die Seifenblasen, sehr dünn ausgeblasenes Glas, ein Tropfen Oel, der sich auf einer Wasserfläche ausbreitet u. s. w. Ihre Entstehung erklärt sich leicht aus der Lehre von der Interferenz.

Es sei A B C D, Fig. 169, ein nichtkrystallinisches Blättchen, auf welches ein Lichtstrahl E S auffällt, dieser wird dann theils zurückgeworfen nach E F, theils in der Richtung E G gebrochen; dieser Theil E G wird bei seinem Auffallen auf die zweite Fläche C D wieder zum Theil in das Mittel reflectirt G H, theils tritt er gebrochen G I parallel dem ursprünglichen S E aus der dünnen Platte hinaus. Der zurückgeworfene Strahl G H wird in H an der ersten Fläche wieder theils gebrochen H K, theils zurückgeworfen H L; der Strahl H L wird wieder theils zurückgeworfen, theils gebrochen nach L M u. s. w. Beide zurückgeworfenen Strahlen E F und H K werden nun einander interferiren müssen, und ebenso auch die beiden zur Hinterfläche austretenden Strahlen G I und L M.

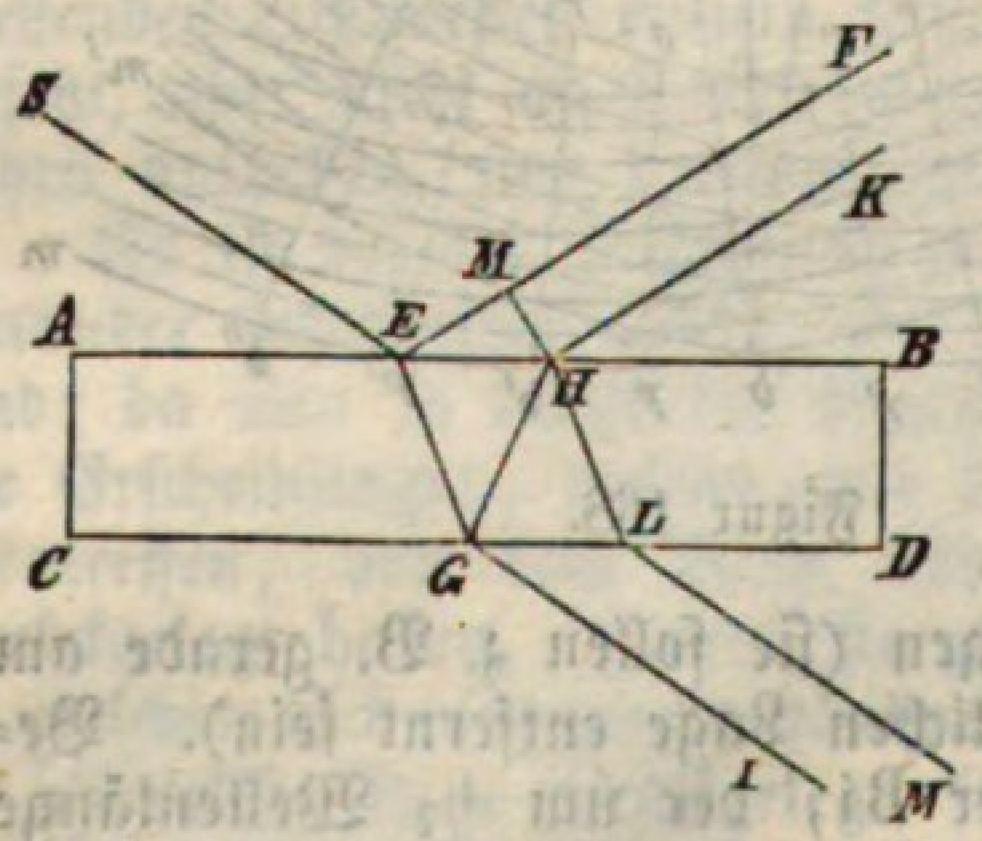


Fig. 169.

Die beiden einander interferirenden Strahlen haben aber nicht denselben Weg zurückgelegt, sondern von den Strahlen E F und H K hat H K den Weg E G + G H, und von den Strahlen G I und L M, der Strahl L M

den Weg G H + H L mehr zurückgelegt als der andere. Denkt man sich zunächst die Strahlen nahe senkrecht auf die erste Fläche fallend, so wird der Unterschied in den Wegen der beiden einander interferirenden Strahlen ohne merklichen Fehler gleich sein der doppelten Dicke der dünnen Platte A B C D. Beträgt die Dicke der Platte z. B. $\frac{1}{4}\,\lambda$, wenn man mit λ die Wellenlänge bezeichnet, so ist der Wegeunterschied beider Strahlen doppelt so groß, $\frac{1}{2}\,\lambda$, die Schwingungszustände beider Strahlen sollten also entgegengesetzt sein, und sich aufheben. Hätte die ganze Platte gleichmäßig diese Dicke, so würden alle übrigen parallel einfallenden Strahlen sich auf gleiche Weise aufheben, und die Platte im zurückgeworfenen Lichte sowohl als im durchgelassenen Dunkel erscheinen. Beträgt die Dicke der Platte $\frac{1}{2}\,\lambda$, so ist der Wegeunterschied der beiden Strahlen gleich einer ganzen Wellenlänge, und die beiden Strahlen, sowohl die zurückgeworfenen als auch die durchgelassenen, sollten sich verstärken, die Platte von dieser Dicke also hell erscheinen. Beträgt die Dicke der Platte $\frac{3}{4}$ Wellenlänge, also der Wegeunterschied beider Strahlen eine und eine halbe Wellenlänge, so sollten die Strahlen sich wieder aufheben und die Platte dunkel erscheinen. Bei einer Dicke der Platte von $1\,\lambda$ beträgt der Wegeunterschied $2\,\lambda$, und die Platte sollte wieder hell sein u. s. w.

Alle diese Folgerungen finden sich nun durch den Versuch bestätigt in Beziehung auf das durchgelassene Licht, aber nicht auf das reflectirte. Nach dem Vorigen sollten im reflectirten und im durchgelassenen Lichte die Erscheinungen ganz dieselben sein, während die Erfahrung zeigt, daß die Erscheinungen im reflectirten Lichte gerade die umgekehrten sind, als im durchgelassenen, daß nämlich die Platte im reflectirten Lichte dunkel erscheint, wenn sie im durchgelassenen hell ist, und umgekehrt. Dieß zeigt, daß bei den zurückgeworfenen Strahlen aus irgend einer Ursache der eine der zurückgeworfenen Strahlen noch um $\frac{1}{2}$ Wellenlänge mehr verzögert werden muß, als man nach der Dicke der Platte erwarten sollte. Dieser Grund liegt, wie die mathematische Untersuchung zeigt, darin, daß der eine Strahl an der Grenze von Luft und Glas, und der andere an der Grenze von Glas und Luft zurückgeworfen wird. Dieß erzeugt, wie hier freilich nicht erläutert werden kann, dieselbe Wirkung, als ob der eine Strahl gegen den andern um eine halbe Wellenlänge verzögert wird, und erklärt so das Abweichende der Farben dünner Platten im reflectirten Lichte vollständig.

§. 247. Richtet man den Versuch so ein, daß die Dicke der Platte sich ändert, so werden bei Beleuchtung mit homogenem Lichte die verschiedenen Stellen, je nach ihrer Dicke, hell oder dunkel erscheinen. Nimmt die Dicke von einem Punkte aus ringsherum regelmäßig zu, so werden die hellen und dunkeln Stellen zu concentrischen Kreisen werden, und dieß sind die **Newton'schen Ringe**. Newton erzeugte sie in einer dünnen Luftschicht, indem er zwei Linsengläser von sehr geringer Krümmung auf einander legte. Zwei solche auf einander gelegte Linsen berühren sich nur in der Mitte, und man erblickt, wenn man die obere sanft gegen die untere drückt, um den Berührungspunkt herum ein System von dunklen und hellen Kreisen von der Farbe des angewandten Lichtes, wenn das einfallende Licht homogen war; diese Ringe dehnen sich aus, wenn man den Druck verstärkt. Die Mitte der Ringe im durchgelassenen Lichte erscheint hell, weil bei der an diesem Punkte verschwindenden Dicke der Luftschicht der Wegeunterschied der interferirenden Strahlen nur sehr wenig beträgt; im reflectirten Lichte erscheint sie aber dunkel, weil nach dem vorhin Angeführten noch der Verlust einer halben Wellenlänge für den einen Strahl gerechnet werden muß. — Wendet man

die verschiedenen einfachen farbigen Lichtstrahlen zur Beleuchtung an, so zeigt sich, daß die Ringe im rothen Lichte größer sind als die im violetten, was nothwendig ist, weil die Lage der hellen und dunklen Ringe allein von der Dicke der Luftschicht und der Wellenlänge des angewandten Lichtes abhängt. Im durchgelassenen Lichte entsteht z. B. der erste dunkle Ring da, wo die einfache Dicke der Luftschicht eine Verzögerung des einen Strahles um $^1/_4$ λ erzeugt; dieser Werth wird aber für violettes Licht, dessen Wellenlängen kleiner sind, als die des rothen, früher erreicht. Was aber für den ersten Ring gilt, ist auch richtig für alle übrigen; denn ist d die Dicke der Luftschicht für den ersten dunkeln Ring, so sind die Dicken, welche den hellen und dunklen Ringen entsprechen, folgende:

Helle Ringe	0	2 d	4 d	6 d	8 d	u. s. w.
Dunkle Ringe	1 d	3 d	5 d	7 d	9 d	u. s. w.

Da die hellen und dunklen Ringe im reflectirten Lichte gerade die umgekehrte Lage haben als im durchgelassenen, so erhält man die Dicken, welche den erstern entsprechen, wenn man vor die Reihe der geraden Anzahl d dunkle Ringe und die Reihe der ungeraden Anzahl helle Ringe schreibt.

§. 248. Während sich bei Anwendung von homogenem Lichte nur helle und dunkle Ringe zeigen, so entstehen bei der Beleuchtung durch gewöhnliches weißes Licht verschiedene Farben, indem die Ringe der einzelnen Farben nicht dieselbe Breite haben, und folglich an bestimmten Stellen sich nur eine oder einige der im weißen Lichte vorhandenen Farben aufheben; es entsteht dann an denselben eine Farbe, wie sie der Mischung der übrigen entspricht, in welcher natürlich diejenige Farbe sich vorwaltend zeigt, welche gerade den hellsten Theil ihres Ringes an der betrachteten Stelle bilden würde. Je mehr nun aber die Dicke der Schicht wächst, desto mehr Farben befinden sich zugleich auf ihrem Maximo von Helligkeit, und dieß ist der Grund, warum die Ringe nach und nach immer schwächer, und zuletzt, wenn die Maxima aller Farben zusammenfallen, unsichtbar werden, da durch die Zusammensetzung derselben wieder weißes Licht entsteht.

Da die Wellenlänge im umgekehrten Verhältnisse des Brechungsverhältnisses steht, so werden die Ringe in stärker brechenden Mitteln, wie Wasser und Glas, näher am Mittelpunkte liegen, und bei einer um so dünnern Schicht Wasser oder Glas sich bilden, als die Substanzen das Licht mehr brechen, als die Luft. Kennt man die Dicke der Luftschicht für eine bestimmte Stelle, so läßt sich durch Division derselben mit dem Brechungsverhältnisse des Wassers oder des Glases die Dicke der Wasser- oder Glasschicht, welche dieselbe Farbe gibt, berechnen. — Da die Farben überhaupt nur von der Verzögerung des einen Strahls abhängen, so zeigen sie sich natürlich ebenso gut auch im luftleeren Raume, und man erhält die den verschiedenen Ringen entsprechenden Entfernungen der beiden Gläser (die Dicken) ebenfalls nach der angegebenen Weise.

Die Farben sind im durchgelassenen Lichte immer die Complementärfarben zu denen, welche im reflectirten erscheinen; und dieß folgt auch nothwendig aus dem früher Angeführten, da im reflectirten Lichte gerade die durchgelassenen fehlen, und umgekehrt, beide zusammen aber weißes Licht erzeugen müssen. Die Ringe erscheinen im durchgelassenen Lichte weniger lebhaft als im reflectirten; der Grund liegt darin, daß die beiden durchgelassenen, zur Interferenz kommenden Strahlen an Stärke ungleich sind, wodurch keine vollständige Aufhebung, sondern nur eine theilweise hervorgebracht wird; die beiden reflectirten Strahlen sind einander mehr gleich, und deßhalb werden die Farben lebhafter.

§. 249. Fällt das Licht nicht senkrecht, sondern schief ein, so dehnen sich die Ringe aus; es ist gerade, als ob die Dicke der Schicht geringer würde, oder die Verzögerung an einer bestimmten Stelle weniger betrüge. Man kann sich leicht davon überzeugen, indem man von dem Punkte H (Fig. 169) einen Perpendikel auf E F fällt, H M, und die Verzögerung des in dem dünnen Plättchen den Weg E G + G H zurücklegenden Strahles gegen den im obern Mittel den Weg E M zurücklegenden berechnet.

Um die Newton'schen Ringe leicht und mit großer Schönheit zu sehen, kann man den von Ritchie vorgeschlagenen Apparat nehmen. Man verschafft sich zwei Scheiben von dünnem Spiegelglase (6 — 8 Zoll Durchmesser), und vergoldet den Rand der einen auf der einen Seite ungefähr ¼ Zoll weit durch aufgelegtes Blattgold. Legt man nun die Scheiben so auf einander, daß der Goldring zwischen sie kommt, und preßt die Mitte derselben zusammen, so zeigen sich die Newton'schen Ringe. Nimmt man statt der runden Scheiben 5—6 Zoll lange und 1 Zoll breite Streifen, vergoldet den einen derselben an den Enden, legt sie dann zusammen und preßt die Mitten gegen einander, so entstehen statt der Ringe farbige Streifen.

Die Aufeinanderfolge der Farben in den Newton'schen Ringen ist von der Mitte aus, wo sich die beiden Gläser berühren, die nachstehende; die obere Reihe in jeder Ordnung (oder in jedem Ringe) bezeichnet die Farben im reflectirten, und die untere im durchgelassenen Lichte:

1. Ordnung im refl. Lichte schwarz, blau, weiß, gelb, orange, roth,
   im durchgelass. Lichte weiß, gelblichroth, schwarz, violett, blau,
2. Ordn. im refl. L. violett, indigoblau, blau, grün, gelb, orange, roth,
   im durchgel. L. weiß, gelb, roth, violett, blau,
3. Ordn. im refl. L. purpurroth, indigoblau, blau, grün, gelb, roth, bläulichroth,
   im durchgel. L. grün, gelb, roth, bläulichgrün,
4. Ordn. im refl. L. bläulichgrün, grün, gelblichgrün, roth,
   im durchgel. L. roth, bläulichgrün,
5. Ordn. im refl. L. bläulichgrün, roth,
   im durchgel. L. roth,
6. Ordn. im refl. L. grünlichblau, roth,
7. Ordn. im refl. L. grünlichblau, röthlichweiß.

Diese Farben der dünnen Platten sind es auch, welche man auf Metallen, welche sich oxydiren u. s. w., bemerkt. Man kann auf diese Weise auf einer Silberplatte, wie sie zu den Daguerre'schen Bildern angewandt wird, durch Jodiren derselben von der Mitte aus mehre prächtige Newton'sche Ringe erzeugen; man darf nur das Jod auf eine Stelle in die Mitte des Jodirkastens legen, etwas Watte darüber decken und die Silberplatte darauf legen. Die Farben breiten sich, je dicker die Schicht wird, immer mehr nach Außen aus; die einer größern Dicke entsprechende Schicht entsteht in der Mitte, deßhalb ist die Ordnung der Farben die umgekehrte, als bei den Newton'schen Ringen. Wird das Jod gleichmäßig ausgebreitet, so wird die Farbe auf der Silberplatte überall gleich.

§. 250. Durch die Interferenz finden ferner diejenigen Erscheinungen, welche man unter dem Namen der Beugung oder Inflexion, oder Diffraction des Lichtes zusammenfaßt, ihre vollständige Erklärung. Die Beugung des Lichtes wurde in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts zuerst durch Grimaldi beobachtet, als derselbe einen Lichtstrahl durch eine sehr feine Oeffnung in ein dunkles Zimmer eindringen ließ, und in diesen Strahl

einen schmalen Körper hielt; Grimaldi fand den Schatten dieses Körpers dann breiter, als er ihn nach der gradlinigen Fortpflanzung des Lichtes erwarten konnte, und beobachtete farbige Streifen am Umfange des erwähnten Schattens. Auch erleuchtete bei seinen Versuchen der durch die sehr enge Oeffnung eintretende Lichtstrahl eine größere Fläche auf einem ihm entgegengestellten weißen Papiere, als die gradlinige Fortpflanzung des Lichtes ergab, und zugleich zeigte sich der erleuchtete Raum mit farbigen Ringen an seinem Umfange umgeben. Als Grimaldi durch zwei feine, nahe bei einander befindliche Oeffnungen Sonnenlicht in ein dunkles Zimmer eintreten ließ, so fand er, indem er dasselbe auf einer weißen Tafel auffing, daß der in der Mitte beider Oeffnungen liegende, und von beiden erleuchtete Raum heller erschien, als wenn er nur von einer Oeffnung allein Licht erhielt. Dagegen bemerkte er zur Seite desselben auch noch an Stellen, wo von beiden Oeffnungen das Licht hinfiel, dunkle Streifen, die augenblicklich verschwanden, sobald die eine der beiden Oeffnungen geschlossen wurde. Es stellte sich bei diesem Versuche also unmittelbar heraus, daß Lichtstrahlen, welche von einem leuchtenden Punkte ausgegangen sind, beim spätern Zusammentreffen einander unter gewissen Umständen aufzuheben vermögen. Es entstehen nämlich die dunklen Streifen stets da, wo die beiden zusammentreffenden Strahlen um eine ungrade Anzahl halber Wellenlängen in ihrem Gange verschieden sind, während die hellen Streifen da sich bilden, wo der Wegeunterschied der beiden Strahlen entweder Null ist, oder eine gerade Anzahl halber Wellenlängen beträgt.

Young versuchte zuerst diese Beugungserscheinungen durch die Wellentheorie zu erklären; Fresnel verfolgte diesen Weg weiter, und entwickelte die Theorie derselben, die durch Fraunhofer, Herschel, und namentlich durch Schwerd noch weiter ausgebildet wurde. In dem Folgenden soll die einfache Darstellung, welche Schwerd über die Entstehung der Beugungserscheinungen gegeben hat, mitgetheilt werden.

§. 251. Man denke sich einen undurchsichtigen, in einem Fensterladen befestigten Schirm A B C D, mit einer engen Oeffnung B C, Fig. 170.

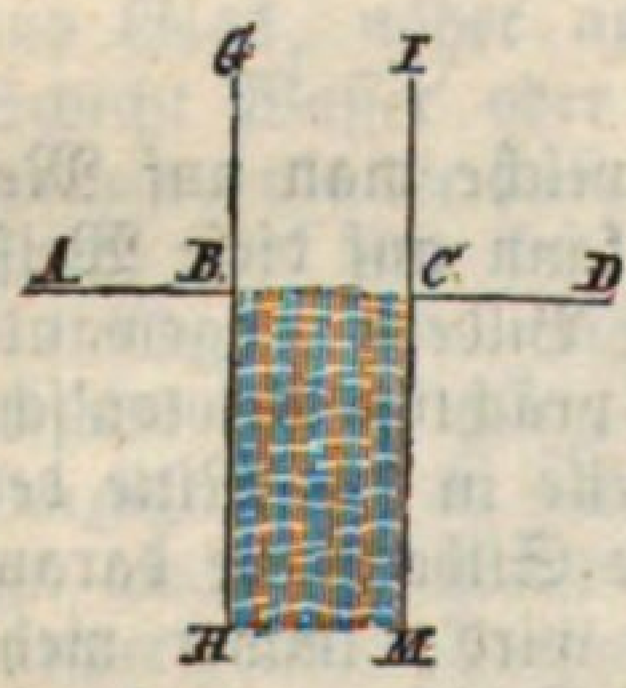


Fig. 170.

Die Oeffnung möge z. B. in einem feinen Spalte bestehen, den man mit der Spitze eines Federmessers in einem auf einem Stückchen Glase befestigten Stanniolblättchen angebracht hat. In der Figur 170 ist also die Breite des Spaltes übertrieben groß gezeichnet. Wenn Sonnenstrahlen senkrecht gegen den Schirm in der Richtung G H einfallen, so werden durch die von der Sonne gleichzeitig ausgegangenen Lichtschwingungen auch sämmtliche in der Oeffnung B C befindliche Aethertheilchen gleichzeitig in Schwingung gesetzt werden. Von jedem dieser Aethertheilchen werden aber als Mittelpunkt neue Wellen sich ringsum ausbreiten. Es ist aber schon früher (§. 242) erwähnt worden, daß eine einzige solche Welle in unserm Auge noch nicht die Empfindung von Licht (oder einen Lichtstrahl) erzeuge, daß es hiezu vielmehr der vereinigten Wirkung einer Reihe von Wellen bedürfe. Fängt man also hinter der Oeffnung B C das durchgegangene Licht mit einer weißen Tafel auf, so wird man für jeden Punkt derselben die Erleuchtung erhalten, wenn man die Resultirende aller der von den Aethertheilchen in der Oeffnung ausgehenden Lichtwellen sucht. Ist die weiße Tafel, auf welcher man das Licht auffängt, weit von

der Oeffnung entfernt, so werden bei der Enge der Oeffnung die von den verschiedenen Punkten derselben nach einem bestimmten Punkte der Tafel sich bewegenden Wellen nahe parallel sein. Man kann deßhalb ohne Fehler dieselben als parallel ansehen, und dann aus diesen parallel von der Oeffnung aus sich fortpflanzenden Schwingungsbewegungen die vereinigte Wirkung (Resultirende) suchen.

Betrachtet man eine Stelle der Tafel H M, welche in der gradlinigen Verlängerung der Lichtstrahlen hinter der Oeffnung liegt, so werden die an derselben anlangenden Lichtwellen sich sämmtlich in denselben Schwingungszuständen befinden, weil alle Aethertheilchen in der Oeffnung B C gleichzeitig ihre Schwingungen anfangen, und die Wege für jede einzelne Schwingung von B C bis H M gleich sind. Es müssen sich folglich sämmtliche auf H M anlangenden Wellenbewegungen unterstützen, die Stelle H M wird stark erleuchtet werden.

Untersucht man die Wirkung der von den Aethertheilchen in der Oeffnung ausgehenden Lichtwellen auf eine hinter der Oeffnung rechts (oder links) so weit zur Seite liegende Stelle der weißen Tafel, daß der Unterschied zwischen den beiden äußersten Strahlen C F und B K, Fig. 171, des gebeugten Strahlenbündels C F B K genau eine halbe Wellenlänge beträgt, daß also, wenn C N ein von dem einen Rande der Oeffnung auf den äußersten Strahl am andern Rande gefällter Perpendikel ist, B N = $\frac{1}{2}\lambda$, so werden die beiden äußersten Strahlen B K und C F sich in genau entgegengesetzten Schwingungszuständen befinden, und sich in ihrer Vereinigung gänzlich aufheben. Zwei an den beiden Seiten des Strahlenbündels gelegene Strahlen wie a b und c d heben sich zwar nicht vollständig auf, schwächen sich aber doch um so mehr, je näher sie den äußersten Strahlen liegen. Es wird also durch die vereinigte Wirkung dieses gebeugten Strahlenbündels der etwas seitwärts nach Rechts (oder ebenso nach Links) hin gelegene Raum noch beleuchtet werden, wenn gleich viel schwächer, als der in der gradlinigen Verlängerung der einfallenden Lichtstrahlen liegende. Die Lichtintensität desselben ist ungefähr 0,4 von der Intensität des ungebeugten Bündels. Es soll die Erleuchtung durch dieses gebeugte Bündel B K C F gleich 1 gesetzt werden.

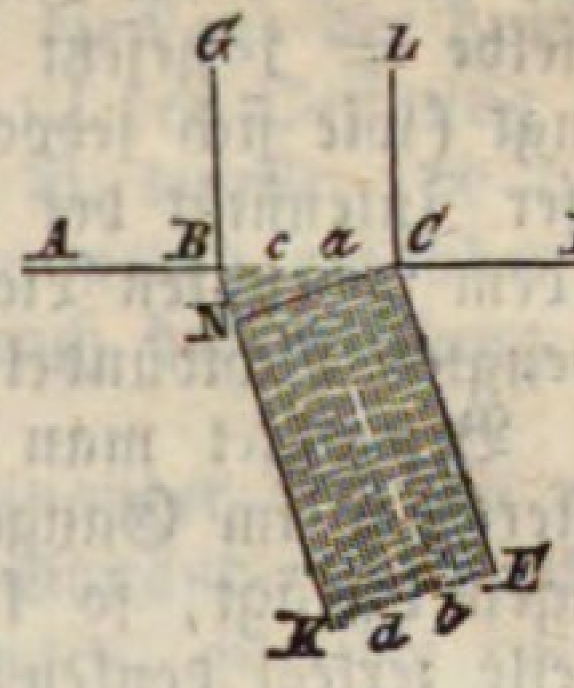


Fig. 171.

§. 252. Bedeutet B P Q C, Fig. 172, ein Strahlenbündel, das so stark gebeugt ist, daß der Unterschied B S im Gange der beiden Randstrahlen B P und C Q eine ganze Wellenlänge beträgt, also B S (der Wegeunterschied) = λ, so kann man sich das Strahlenbündel in zwei gleiche C Q W V und V W P B getheilt denken. Für jeden Strahl in dem einen Bündel gibt es dann einen entsprechenden in dem andern, der genau um eine halbe Wellenlänge in seinem Gange von dem ersten verschieden ist, z. B. B P und V W (Unterschied im Wege B R = $\frac{1}{2}$ B S = $\frac{1}{2}\lambda$) oder c d und a b (Wegeunterschied c e = $\frac{1}{2}\lambda$) u. s. w. Bei dem Zusammentreffen hebt folglich das eine Strahlenbündel C Q W V das zweite V W P B gänzlich auf. Die von diesen Strahlen getroffene Stelle der weißen Tafel erscheint mithin völlig dunkel.

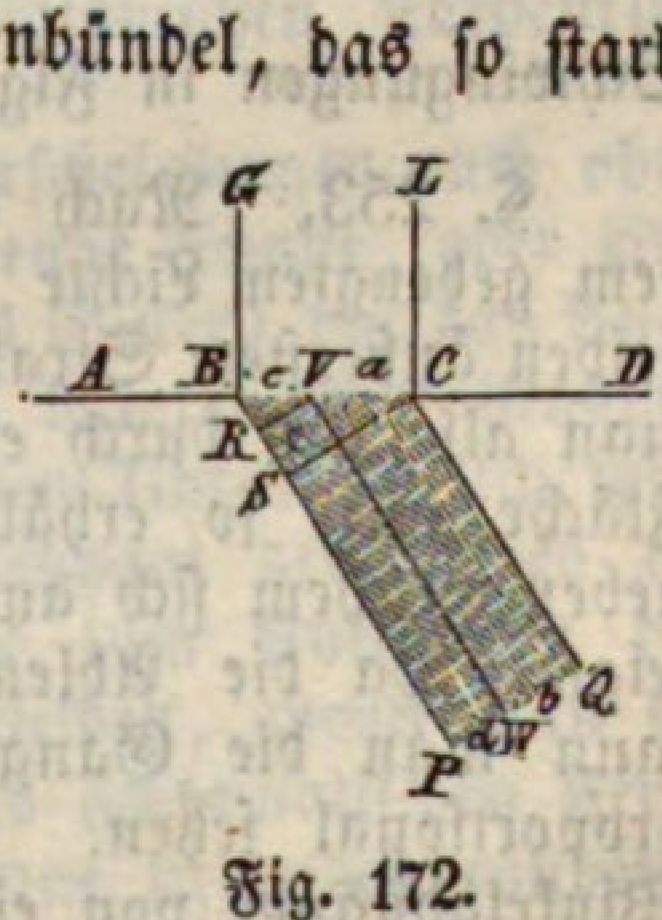


Fig. 172.

Bedeutet B C S X, Fig. 173, ein noch stärker gebeugtes Strahlenbündel

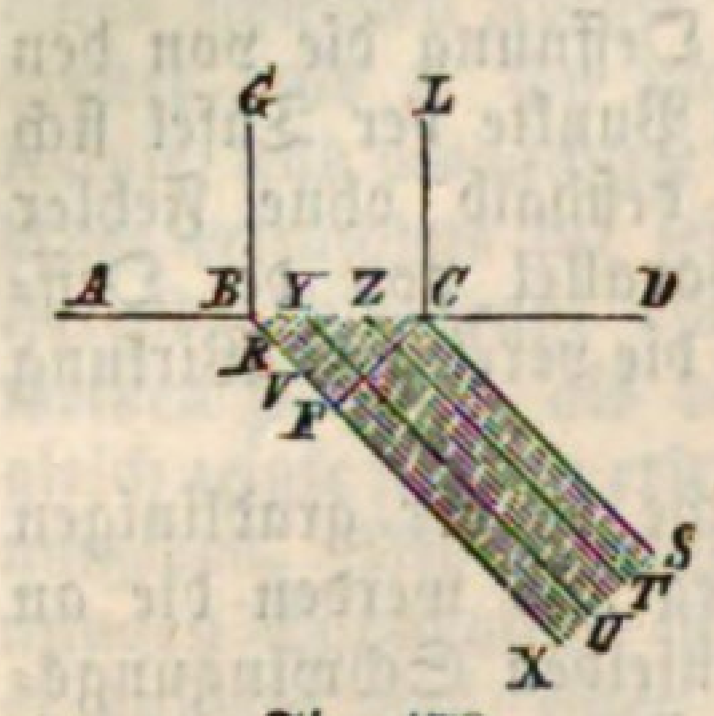


Fig. 173.

in welchem der Unterschied B J im Gange der beiden äußersten Randstrahlen B X und C S eine und eine halbe Wellenlänge betägt, B J = 1 $\frac{1}{2}\lambda$, so läßt sich dasselbe in drei gleiche Strahlenbündel C S T Z, Z T U Y, Y U X B zerlegen, von denen zwei, z. B. B X U Y und Z T U Y, genau den so eben in Fig. 172 betrachteten Fall darstellen, in welchem die beiden äußersten Strahlen B X und Z T einen Unterschied im Gange von einer Wellenlänge (B V = λ) besitzen. Es heben sich folglich diese beiden Strahlenbündel gänzlich auf. Das dritte übrig bleibende Bündel Z T S C wird sich aber gerade so verhalten, wie das in Fig. 171 verzeichnete; die beiden Randstrahlen C S und Z T sind um eine halbe Wellenlänge verschieden, und vernichten sich ganz, die zwischen ihnen liegenden heben sich aber nur zum Theil auf, gerade wie in obiger Fig. 171. Da aber jetzt nur $\frac{1}{3}$ des ganzen Lichtes auf gleiche Weise sich verhält, wie dort das gesammte durch die Oeffnung B C gegangene Licht, so kann die Intensität der durch dasselbe erzeugten Schwingungen jetzt nur $\frac{1}{3}$ so groß sein, als wie die Intensität der Schwingungen in dem früheren Falle, wo dieselbe = 1 gesetzt wurde. Die Lichtintensität (Stärke der Erleuchtung) hängt (wie sich jedoch hier nicht näher nachweisen läßt) von dem Quadrate dieser Intensität der Schwingungen ab; es kann folglich die Lichtintensität in dem gebeugten Lichtbündel in Fig. 173 nur $\frac{1}{9}$ so stark sein als in dem gebeugten Lichtbündel in Fig. 171.

Betrachtet man ein Lichtbündel, welches so stark gebeugt ist, daß der Unterschied im Gange der beiden äußersten Randstrahlen zwei ganze Wellenlängen beträgt, so kann man sich die Breite der Oeffnung in vier gleiche Theile zerlegt denken; es heben dann das erste und zweite, und das dritte und vierte Bündel sich ebenso auf wie die beiden in Fig. 172; die Intensität dieses Lichtes ist gleich Null.

Fährt man so fort die Intensität des Lichtes zu untersuchen, wenn der Unterschied im Gange zwischen den beiden äußersten Strahlen des gebeugten Bündels $2\frac{1}{2}$ Wellenlänge beträgt, so heben, wenn man sich die Oeffnung in fünf gleichbreite Streifen getheilt denkt, sich vier dieser Theile auf, und nur der fünfte verhält sich, wie das gebeugte Bündel in Fig. 171. Es ist folglich die Intensität der Schwingungen nur $\frac{1}{5}$ von der Intensität der Schwingungen in Fig. 171, und die Lichtintensität also nur $\frac{1}{25}$ u. s. w.

§. 253. Nach dem Vorhergehenden heben sich die Schwingungen in dem gebeugten Lichte jedes Mal völlig auf, wenn der Gangunterschied der beiden äußersten Strahlen eine gerade Anzahl Wellenlängen beträgt. Fängt man also das durch eine enge Spalte gegangene Licht mittelst einer weißen Fläche auf, so erhält man in der Mitte derselben einen hellen Streifen, neben welchem sich auf beiden Seiten eine Reihe heller und dunkler Streifen zeigt. Da die Ablenkungswinkel oder Beugungswinkel nur klein sind, so kann man die Gangunterschiede der Randstrahlen den Ablenkungswinkeln proportional setzen. Es müssen folglich alle dunklen Streifen um gleiche Winkelabstände von einander entfernt sein, mit Ausnahme der beiden ersten (rechts und links von der Mitte), zwischen welchen der Abstand doppelt so groß ist, als zwischen den übrigen (weil die Mitte selbst hell ist). Ist A B C, Fig. 174, der Schirm, und B die Oeffnung in demselben, so geben die

Linien Bn', Bn'', Bn''', Bn'''' u. s. w. die Richtungen an, in welchen sich die Lichtbewegungen aufheben. Auf der kreisförmigen weißen Fläche A D C, deren Mittelpunkt die Oeffnung B ist, haben also die dunklen Streifen stets gleichen Abstand. n' n'' = n'' n''' = n''' n'''', weil die Ablenkungswinkel n' Bn'', n'' Bn''' u. s. w. einander gleich sind. Nur der Abstand der beiden innersten dunklen Streifen n' und n' ist doppelt so groß, n' n' = 2 n' n'', weil in D kein dunkler, sondern ein sehr heller Streifen von ungeschwächter Beleuchtung sich findet. Zwischen diesen dunklen Streifen n', n'', n''', n'''' liegen nun die hellen Stellen oder die Seitenspectra des Bildes, die alle gleich breit sind mit Ausschluß des mittelsten, das doppelt so breit ist, als die übrigen.

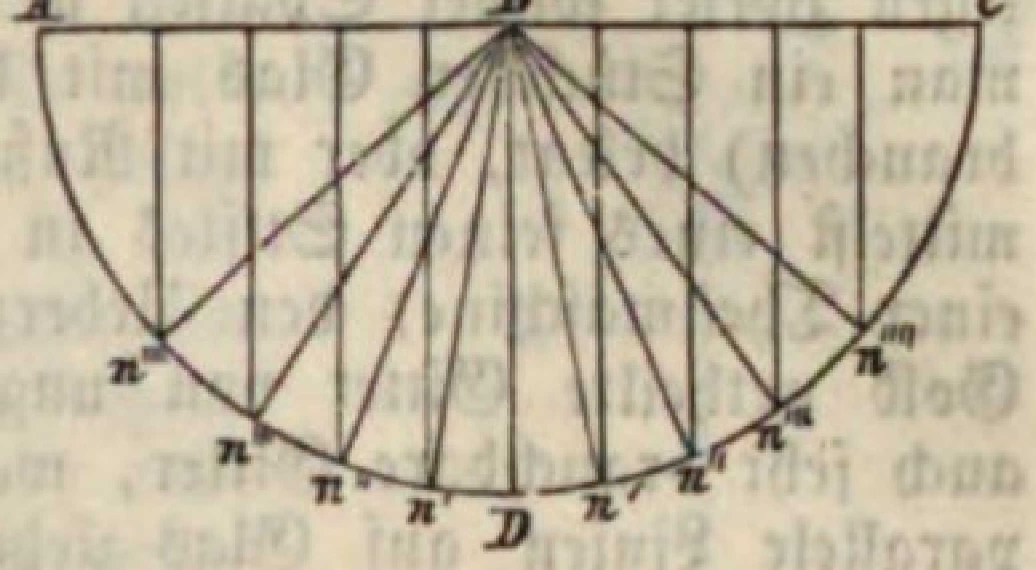


Fig. 174.

Bei Anwendung eines engen Spaltes zeigen sich also helle und dunkle Streifen, welche mit der Richtung der Spalte parallel gehen. Anders müssen sich aber die Erscheinungen gestalten, wenn man kleine Parallelogramme, Trapeze, Dreiecke, Kreise u. s. w. als Oeffnungen anwendet, weil die Lage der dunklen und hellen Stellen in dem Bilde genau von der Gestalt der Oeffnung abhängt; bei einer kreisförmigen Oeffnung entstehen z. B. dunkle und helle Kreise. Wendet man mehrere gleichgestaltete Oeffnungen neben einander an, so werden die erhaltenen Bilder lichtreicher und je nach der Stellung der Oeffnungen gegen einander noch mannichfaltiger.

§. 254. Werden die angegebenen Versuche nach einander mit den verschiedenen prismatischen Farben angestellt, so müssen die Abstände der dunklen und hellen Streifen, da sie von der Wellenlänge abhängen, für die rothen Strahlen größer sein als für die violetten. Wendet man weißes Sonnenlicht an, so werden folglich die durch die verschiedenen Farben entstandenen Bilder nicht zusammen fallen, und man wird mit Ausnahme der Mitte nirgends weiß, aber auch nirgends völlige Dunkelheit erblicken; überall erscheinen Farbenmischungen, in welchen diejenigen vorherrschen, welche an jeder Stelle gerade am hellsten sind, und in welchen diejenigen Farben fehlen, welche wegen ihres Zusammentreffens in entgegengesetzten Schwingungszuständen sich aufheben. Die Aufeinanderfolge der Farben in diesen Bildern muß ganz dieselbe sein, wie in den Newton'schen Farbenringen (§. 249).

Sehr leicht und schön sieht man diese Beugungserscheinungen auch ohne Anwendung eines dunklen Zimmers, wenn man eine enge Spalte, oder eine Reihe gleichbreiter paralleler Spalten (ein sogenanntes Gitter) vor das Auge hält, und nach dem in einiger Entfernung auf einem blanken Metallknopfe, oder auf der äußern Fläche eines inwendig geschwärzten Uhrglases sich spiegelnden Sonnenbilde blickt, es vertritt dann die Netzhaut des Auges die Stelle der weißen Tafel, welche im Vorhergehenden zum Auffangen des Bildes angewandt wurde. Noch schöner werden dieselben, wenn man die enge Spalte oder das Gitter vor dem Objectiv eines achromatischen Fernrohrs anbringt, und mit diesem nach dem in der Sonne liegenden converen Metallknopfe oder Uhrglase hin sieht.

Eine enge Spalte verfertigt man am leichtesten, indem man, wie schon angeführt, mit der Spitze eines Federmessers einen feinen Schnitt in ein auf einem Glase (Spiegelglase) befestigtes Stückchen Stanniol macht. Eine

parallelogrammförmige Oeffnung erhält man durch kreuzweises Uebereinanderlegen zweier solcher Spalten u. s. w. Ein feines Gitter erhält man, wenn man ein Stückchen Glas mit dünnem Golde (wie es die Buchbinder gebrauchen) belegt, oder mit Ruß oder mit schwarzer Tusche überzieht, und mittelst eines feinen Stiftes in genau parallelen Linien (unter Anwendung einer Theilmaschine) den Ueberzug hinwegnimmt. Es lassen sich solche in Gold getheilte Gitter von unglaublicher Feinheit darstellen. Man erhält auch sehr brauchbare Gitter, wenn man mit einer Diamantspitze sehr feine parallele Linien auf Glas zieht. Ebenso erblickt man schöne Beugungserscheinungen, wenn man durch die Fahne der (Flügel- oder Schwanz-) Feder eines kleinen Singvogels nach einem Lichtpunkte sieht, und selbst schon, wenn man nur die Augenwimpern so weit niederlegt, daß die Haare derselben als ein Gitter zwischen das Auge und den leuchtenden Punkt treten.

§. 255. Die eben erwähnten feinen Gitter zeigen aber nicht bloß die Beugungsphänomene im durchgelassenen Lichte, sondern auch im reflectirten. Die sogenannten Barton'schen Irisknöpfe sind Metallstückchen, auf welchen feine parallele Streifen sich finden. Barton schnitt auf ein Stahlstück sehr feine Linien (bis zu 10000 auf die Breite eines Zolles) mit einer Diamantspitze ein, und übertrug dieselben, nachdem der Stahl gehärtet worden war, durch Abdrücke auf Knöpfe von polirter Bronze.

In den durch die Beugung entstandenen Farbenbildern zeigen sich auch die von Wollaston und Fraunhofer entdeckten dunklen Linien (§. 237). Es sind dieselben daher nichts Anderes, als Lücken in dem Sonnenspectrum, welche durch das Fehlen der entsprechenden Wellensysteme entstehen.

Da die Entfernung der dunklen und hellen Streifen von der Mitte des Beugungsbildes von der Wellenlänge des angewandten einfarbigen Lichtes abhängen, so bieten die genau gemessenen Abstände eine einfaches Mittel dar, um die Wellenlänge des angewandten Lichtes zu berechnen.

§. 256. Es ist schon früher (§. 244) angegeben worden, daß die Schwingungen der Aethertheilchen in einer Richtung erfolgen, welche auf der Richtung des Lichtstrahles senkrecht steht. Bei allen bisher angegebenen Versuchen machte es aber keinen Unterschied (oder er wurde wenigstens nicht beachtet), nach welcher Seite hin die Bewegungen der Aethertheilchen erfolgten und ob alle Aethertheilchen ihre Schwingungen in parallelen oder in unter verschiedenen Winkeln sich schneidenden Ebenen vollbrachten. Bei genauerer Untersuchung ergeben sich aber eine große Anzahl von Erscheinungen, bei welchen je nach den Ebenen, in welchen die Schwingungen des Aethers geschehen, sehr verschiedene Resultate erhalten werden.

Dasjenige Licht, welches aus Aetherschwingungen besteht, welche sämmtlich in parallelen Ebenen geschehen, heißt **polarisirtes** Licht im Gegensatz zu dem gemeinen, bei welchem diese Schwingungen nicht in parallelen, sondern in Ebenen erfolgen, welche die verschiedensten Winkel mit einander bilden. Der einfachste Versuch, um sich von dem Unterschiede des gemeinen und des polarisirten Lichtes zu überzeugen, ist folgender.

Man nehme eine vollkommen eben geschliffene Glasplatte A B, Fig. 175 (eine Spiegelplatte, deren Amalgam entfernt wurde), schwärze dieselbe auf der Rückseite mit einem undurchsichtigen Firniß von Asphalt, oder Ruß, und stelle sie so auf, daß ein in der Richtung S E einfallender Lichtstrahl dieselbe unter einem Winkel S E A = $35\frac{1}{2}^0$ trifft. Der zurückgeworfene Strahl E F macht dann mit der Ebene des Spiegels denselben Winkel BEF = $35\frac{1}{2}^0$, und ist durch die Reflexion von der Glasfläche unter diesem Winkel fast

gänzlich in polarisirtes Licht, d. h. in Licht, dessen Schwingungsebenen sämmtlich parallel sind, verwandelt worden. Man nennt die Ebene, in welcher der Lichtstrahl zurückgeworfen und in Folge davon polarisirt ist, also die Ebene S E F, die Polarisationsebene des Strahles. Die Ebenen, in welchen die Schwingungen der Aethertheilchen erfolgen, fallen aber aus Gründen, die hier nicht weiter entwickelt werden können, nicht mit der Reflexions- oder Polarisationsebene S E F zusammen, sondern stehen gerade senkrecht auf derselben. Dadurch, daß in dem polarisirten Strahle E F die Schwingungsebenen der Aethertheilchen nicht in allen möglichen Richtungen, welche senkrecht auf diesem Strahle stehen, erfolgen, sondern allein nur in denjenigen Richtungen, welche zugleich senkrecht auf dem Strahle und auf der Ebene S E F sind, hat der polarisirte Strahl E F nicht nach allen Richtungen gleiche Eigenschaften, er hat, wenn man so sagen darf, bestimmte unterschiedene Seiten gewonnen. Man überzeugt sich hiervon sogleich durch eine Untersuchung dieses Strahles mittelst des zweiten, dem vorigen genau gleichen geschwärzten Spiegels C D.

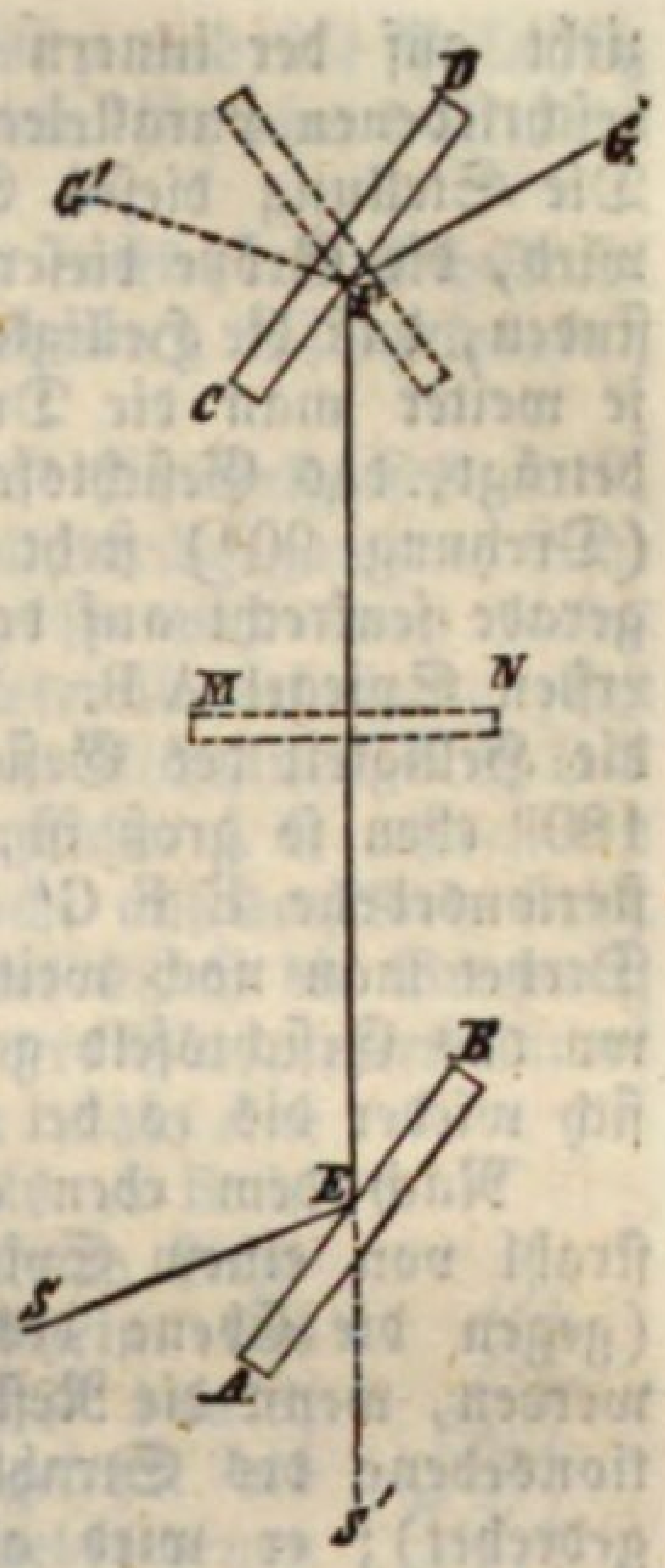


Fig. 175.

§. 257. Am bequemsten ist es, den untern und obern Spiegel A B und C D an zwei inwendig geschwärzten Pappröhren so zu befestigen, daß sich die Röhre, welche den Spiegel C D trägt, in die etwas weitere Röhre, welche den Spiegel A B trägt, einschieben, und in derselben um den Strahl E F als Axe drehen läßt. Durch die Reibung müssen beide Pappröhren die Stellung, welche man ihnen gibt, beibehalten. Stellt man zuerst den Spiegel C D so, daß er mit dem Strahl E F ebenfalls einen Winkel C F E = 35 ½ bildet, und drehet dann die obere Röhre so, daß der obere Spiegel dem untern Spiegel parallel ist, daß also die Reflexionsebene (oder die Polarisationsebene) des untern Spiegels S E F zusammenfällt mit der Reflexionsebene E F G des oberen Spiegels, oder daß der einfallende Strahl S E parallel ist dem zwei Mal (in E und F) reflectirten Strahle F G, so wird man bemerken, daß der polarisirte Strahl E F in F reflectirt, und von einem in G befindlichen Auge wahrgenommen werden kann. Ist S E z. B. das Licht, welches von einer weißen Wolke auf dem Spiegel A B polarisirt wird, so wird das Auge in G allerdings eine Schwächung des Lichtes bemerken, aber doch das Gesichtsfeld immer noch hell sehen. (Die Schwächung des Lichtes muß schon aus dem Grunde eintreten, weil ein großer Theil des Lichtes in das durchsichtige Glas eindringt, und von dem auf der Hinterfläche aufgetragenen schwarzen Ueberzuge verschluckt wird.)

Man merke sich genau die Helligkeit, welche das Gesichtsfeld in der so eben angegebenen Stellung der beiden Spiegel zeigt, und fange dann an, die Röhre des Spiegels C D in der andern Röhre etwas umzudrehen, so daß die Reflexionsebene E F G auf dem zweiten Spiegel nicht mehr mit der Reflexions- (oder Polarisations-) Ebene des ersten Spiegels zusammenfällt, sondern mit ihr einen Winkel bildet. Um diesen Winkel zu messen, theilt man den Umfang der äußern Röhre am obern Rande in 360 Grade, und

zieht auf der innern Röhre einen Strich, welcher gerade bei der vorhin beschriebenen parallelen Stellung der beiden Spiegel auf dem 0 Grade steht. Die Stellung dieses Strichs gibt dann, wenn die innere Röhre gedreht wird, die Größe dieser Drehung an. Bei genauerer Beobachtung wird man finden, daß die Helligkeit des Gesichtsfeldes immer mehr und mehr abnimmt, je weiter man die Drehung fortsetzt, und daß, wenn dieselbe gerade 90° beträgt, das Gesichtsfeld (fast) völlig dunkel erscheint. In dieser Stellung (Drehung 90°) steht aber die Reflexionsebene des zweiten Spiegels C D gerade senkrecht auf der Polarisations- oder Reflexionsebene S E F auf dem ersten Spiegel A B. Drehet man die obere Röhre noch weiter, so nimmt die Helligkeit des Gesichtsfeldes wieder zu, bis sie bei einer Drehung um 180° eben so groß ist, als bei der Stellung auf 0°; jetzt ist aber die Reflexionsebene E F G′ wieder mit der Polarisationsebene S E F parallel. Drehet man noch weiter, so nimmt die Helligkeit wieder ab bis zu 270°, wo das Gesichtsfeld ganz dunkel erscheint; bei weiterer Drehung erhellt es sich wieder bis es bei 0° die anfängliche Helligkeit erreicht.

Nach dem eben angeführten Versuche kann also ein polarisirter Lichtstrahl von einem Spiegel, auf welchem er unter einen Winkel von 35½° (gegen die Ebene des Spiegels gerechnet) auffällt, nicht zurückgeworfen werden, wenn die Reflexionsebene dieses Spiegels senkrecht auf der Polarisationsebene des Strahles ist (d. h. wenn der Spiegel um 90° oder 270° gedrehet); er wird aber vollständig zurückgeworfen, wenn die Reflexionsebene dieses Spiegels mit der Polarisationsebene des Strahles parallel ist (in den Stellungen 0° und 180°). In den zwischen 0°, 90°, 180° und 270° liegenden Stellungen ist das Gesichtsfeld um so dunkler, je näher dieselben an 90° und 270° liegen.

§. 258. Stellt man den obern Spiegel auf 90° oder 270°, so daß das Gesichtsfeld dunkel erscheint, und ändert in dieser Stellung den Winkel von 35½°, unter welchem der Lichtstrahl auf den ersten Spiegel einfällt, etwas ab (vergrößert oder verkleinert ihn), so wird das Gesichtsfeld sich ein wenig erhellen, und die Helligkeit zunehmen, je mehr man sich von dem Winkel von 35½° entfernt. Der Lichtstrahl E F wurde polarisirt, und zwar vollständig polarisirt genannt, wenn er in der eben angegebenen Stellung (90° oder 270°) von dem obern Spiegel gar nicht zurückgeworfen wurde; jetzt, wo in derselben Stellung (90° oder 270°) nur ein Theil desselben nicht zurückgeworfen wird, kann die Polarisation eine unvollständige genannt werden.

Der Winkel, unter welchem ein Lichtstrahl von einer Glasfläche reflectirt werden muß, um vollständig polarisirt zu sein, der sogenannte Polarisationswinkel, ergibt sich nach einem von Brewster aufgestellten Gesetze sehr einfach: es muß der reflectirte Strahl senkrecht auf dem in das Glas eingedrungenen und dabei gebrochenen Strahle stehen. Dasselbe Gesetz gilt auch für alle übrige Substanzen. Jede Substanz hat daher in Folge ihres verschiedenen Brechungsexponenten ihren besonderen Polarisationswinkel. Ist E F, Fig. 176, der auf die Platte A B C D einfallende Strahl, so wird der reflectirte Strahl F G nur dann vollständig polarisirt sein, wenn der reflectirte Strahl F G senkrecht auf dem in das Mittel A B D C eingedrungenen und gebrochenen Strahl F H steht. Da, wie früher (§. 234) gezeigt wurde, die Brechung nicht für alle verschiedenfarbigen Strahlen gleich groß ist, so ist auch der

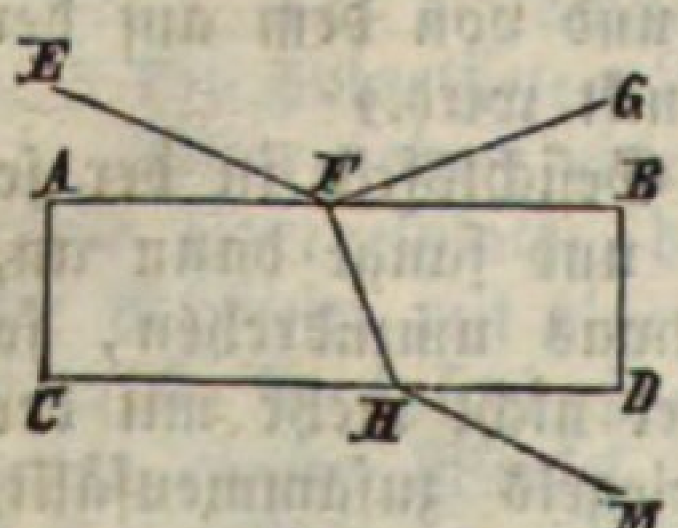


Fig. 176.

Polarisationswinkel nicht für diese Strahlen gleich groß, und die Polarisation kann bei einem bestimmten Einfallswinkel stets nur für eine bestimmte Farbe vollständig sein.

Bei der Reflexion von metallischen Oberflächen wird der Lichtstrahl nicht polarisirt; deßhalb mußte von den vorhin angewandten Spiegelplatten die metallische Belegung abgeschabt werden.

§. 259. Schwärzt man die hintere Fläche des Spiegelglases A B, Fig. 175, nicht, und untersucht das durch dieselbe hindurchgegangene Licht S' E F, mit Hülfe eines geschwärzten Spiegels C D, so wird man dieses Licht ebenfalls zum Theil polarisirt finden. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich aber, daß die Polarisationsebene dieses gebrochenen Lichtstrahles S' E F nicht mit der Polarisationsebene des auf der Vorderfläche A B reflectirten Lichtstrahles E F zusammenfällt, sondern gerade senkrecht auf derselben steht.

Die unvollkommene Polarisation eines Lichtstrahles durch die Brechung einer Glasplatte läßt sich verbessern, wenn man mehrere Glasplatten hinter einander legt a b, c d, e f, g h, i k, Fig. 177. Legt man eine Reihe solcher Glasplatten an die Stelle des Spiegels A B in Fig. 175, und fängt den durch die Brechung polarisirten Lichtstrahl S' E F mittelst des Spiegels C D auf, so erscheint das Gesichtsfeld in der Stellung desselben auf 0 und 180° dunkel, und in den Stellungen 90° und 270° hell, also umgekehrt als früher, zum Beweise, daß die Polarisationsebene des gebrochenen Strahles S' F in Fig. 177 senkrecht steht auf der Polarisationsebene des reflectirten Strahles in Fig. 175.

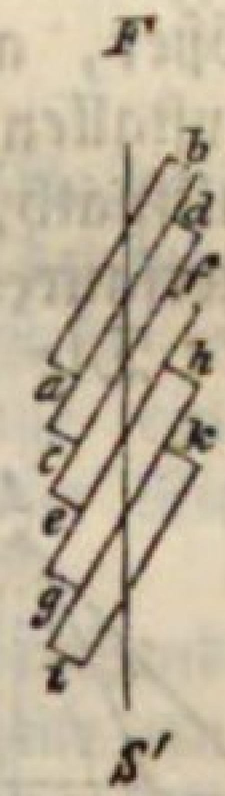


Fig. 177.

§. 260. Bei der früher (§. 212 ff.) behandelten Brechung des Lichtes wurde vorausgesetzt, daß das brechende Mittel entweder ganz unkrystallinisch sei, oder wenn krystallinisch, doch wenigstens zum Würfelsystem gehöre. In diesen ebengenannten Mitteln ist nämlich, weil die Cohäsionsverhältnisse nach allen den auf einander senkrecht stehenden Dimensionen gleich sind, auch die Elasticität des Aethers, in welchem sich die Schwingungen des Lichtes fortpflanzen, nach allen diesen Richtungen gleich groß. Es erfolgt deßhalb beim Eintritt in ein solches Mittel die Brechung des Strahles ganz nach den früher aufgestellten Gesetzen, von welcher Seite her der Strahl auch in dasselbe eindringt, weil die Brechung nur eine Folge der verschiedenen Elasticität des Aethers (§. 243), und diese eben in allen Richtungen des brechenden Mittels gleich groß ist.

Ganz anders muß sich dagegen die Brechung gestalten, wenn die Elasticität des Aethers, in welchem sich die Schwingungen des Lichtes fortpflanzen, nicht nach den drei auf einander senkrechten Axen oder Richtungen genau gleich ist; und diese Ungleichheit findet statt in allen krystallinischen Stoffen, deren Krystalle nicht zum Würfelsysteme, sondern zu einem der folgenden sechs (§. 103) Systemen gehören. Es erleidet in Folge dieser Verschiedenheit in der Elasticität des Aethers nach den verschiedenen Richtungen der Lichtstrahl stets mit Ausnahme eines Falles eine Doppelbrechung, d. h. jeder einzelne Lichtstrahl wird in zwei ganz unterschiedene getrennt. Man nennt alle diese Krystalle deßhalb doppelt brechende Körper.

In dem pyramidalen und dem hexagonalen Krystallsysteme unterscheidet man eine krystallographische Hauptaxe, auf welcher die unter sich gleichen Nebenaxen senkrecht stehen, und welche größer oder kleiner ist, als die Nebenaxen. So wie in diesen beiden Krystallsystemen nur die eine Hauptaxe von den übrigen senkrecht auf ihr stehenden verschieden ist, so ist

auch in denselben die Elasticität des Aethers nur in dieser Richtung der Hauptaxe von der Elasticität desselben in den auf ihr senkrechten Richtungen verschieden. Man nennt die Krystalle deßhalb optisch einaxig, und ihre optische Axe fällt mit der krystallographischen Hauptaxe zusammen. In den Krystallen der vier übrigen Systeme stimmt die Größe keiner Axe mit der Größe der übrigen, und ebenso wenig auch die Größe der Elasticität in der Richtung der einen Axe mit der Größe der Elasticität in der Richtung einer andern Axe überein; man nennt sie optisch zweiaxige Krystalle.

§. 261. In den optisch einaxigen Krystallen (also in den Krystallen des pyramidalen und hexagonalen Systemes) kann die Elasticität des Aethers in der Richtung der Hauptaxe kleiner oder größer sein, als in den auf ihr senkrechten Richtungen; hiernach unterscheidet man dieselben in positive und negative Krystalle. Bei den optisch einaxigen positiven Krystallen ist die Elasticität in der Richtung der krystallographischen Hauptaxe kleiner, als in den Richtungen senkrecht auf dieselbe, in den optisch einaxigen negativen Krystallen ist dieselbe in der Richtung der krystallographischen Hauptaxe größer, als in den Richtungen senkrecht auf dieselbe. Zu den positiven Krystallen gehören z. B. Zirkon, Quarz (Bergkrystall), Eis; zu den negativen: Kalkspath, Turmalin, Korund, Smaragd, Honigstein, Blutlaugensalz, salpetersaures Natron u. s. w.

Die Fig. 178 stellt einen optisch einaxigen positiven Krystall, nämlich einen Bergkrystall, und die Fig. 179 einen optisch einaxigen negativen Krystall, einen Doppelspath dar. Der Bergkrystall wird in der Mitte begrenzt von den sechs Flächen eines sechsseitigen Prismas, und an beiden Enden von den zwölf Flächen einer sechsseitigen Pyramide. Der Doppelspath (Kalkspath) bildet ein Rhomboeder, das von sechs Rhomben begrenzt ist. In beiden Krystallen bedeutet A B die krystallographische Hauptaxe, mit welcher auch die optische Axe zusammenfällt.

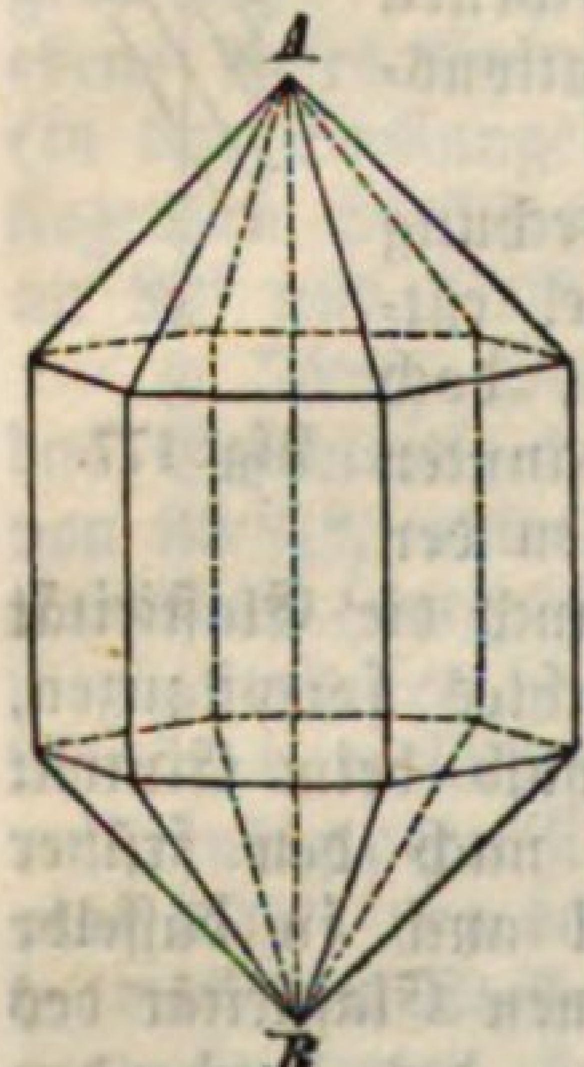


Fig. 178.

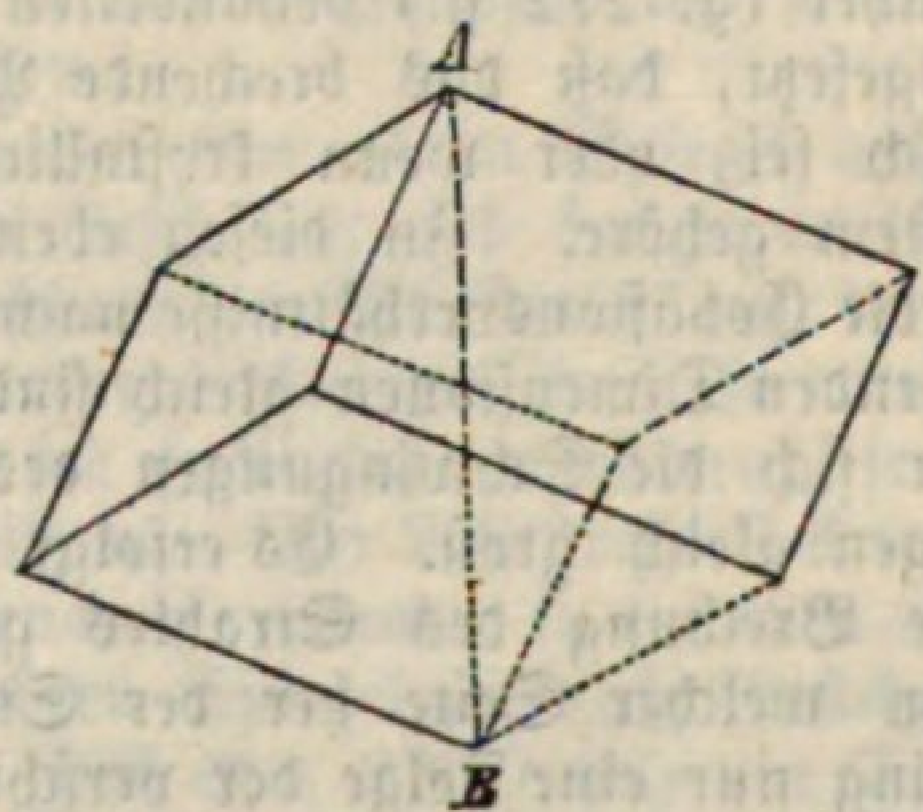


Fig. 179.

Eine durch die Richtung der Hauptaxe und durch die Richtung des einfallenden Strahles gelegte Ebene, welche den Krystall durchschneidet, heißt ein Hauptschnitt; es gibt also unzählig viele Ebenen, welche Hauptschnitte darstellen können.

Es möchte nicht überflüssig sein zu bemerken, daß die krystallographischen sowohl als auch die optischen Axen nicht bestimmte Linien, sondern nur bestimmte Richtungen sind, daß also z. B. nicht nur A B, sondern auch alle mit A B parallelen (also gleiche Richtung zeigenden) Linien als Axen gelten.

Bei den positiven Krystallen nimmt die Elasticität des Aethers in den verschiedenen Richtungen zu, je weiter dieselben sich von der optischen Axe

entfernen, in den negativen dagegen umgekehrt ab. Man kann diese Elasticität in jeder beliebigen Richtung durch folgende Construction finden. Man stelle die Elasticität in der optischen Axe oder Hauptaxe eines positiven Krystalles durch die Linie A B, Fig. 180, und die Elasticität senkrecht gegen dieselbe durch die Linie C D dar, und beschreibe über beiden Linien als Axen eine Ellipse A D B C. Drehet man dann diese Ellipse um die Linie A B als Axe herum, so entsteht ein Ellipsoid (ein Körper, der sich in seiner Gestalt einer Kugel nähert, aber in der Richtung A B zusammengedrückt ist). Die Größe der Elasticität des Aethers in einer andern Richtung, z. B. in der Richtung F G, ist gleich F G; es gibt diese Linie die Elasticität des Aethers nach dieser Richtung in demselben Maaße ausgedrückt, mit welchem A B und C D gemessen sind. Für negative Krystalle macht man eine ganz ähnliche Construction; es muß für diesen Fall aber C D die Größe der Elasticität in der optischen Axe, und A B dieselbe senkrecht gegen diese Axe bedeuten. Durch Umdrehung der Fläche D A C B um die Axe D C entsteht jetzt kein abgeplattetes, sondern ein verlängertes Ellipsoid. Die Länge eines Durchmessers gibt auch hier wieder die Größe der Elasticität in dieser Richtung an.

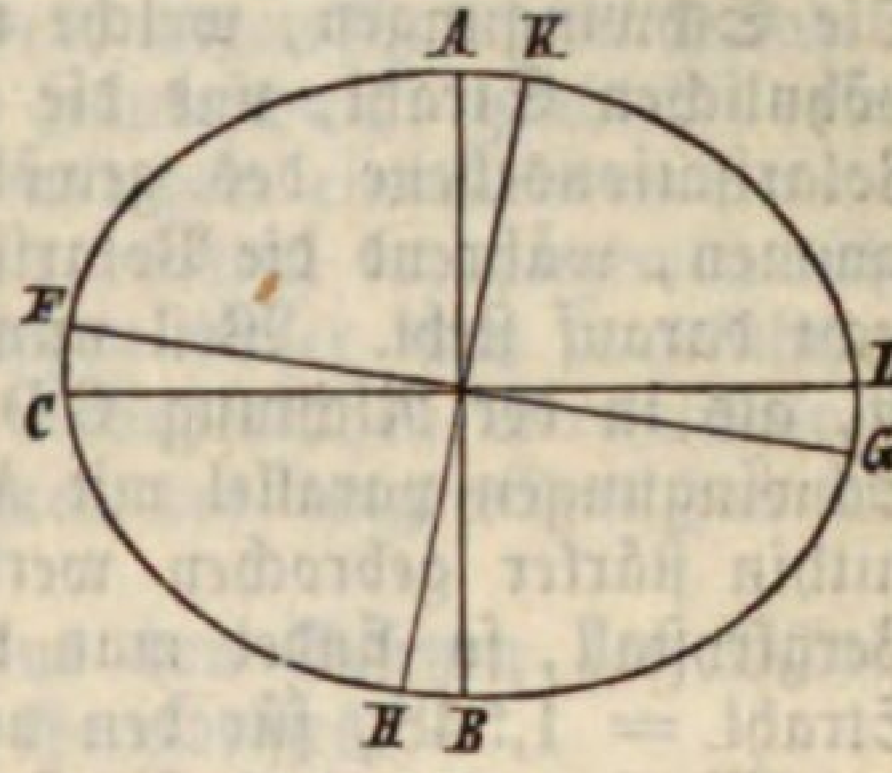


Fig. 180.

§. 262. Wenn ein gewöhnlicher Lichtstrahl in ein doppelt brechendes einaxiges Mittel eintritt, so zeigt der Versuch, daß er mit Ausnahme eines einzigen Falles in zwei zerspalten wird. Eine genauere Untersuchung beider Strahlen weist aber an ihnen den früher beschriebenen Polarisationszustand, bei welchem alle Schwingungen eines jeden Strahles in einer und derselben Ebene geschehen, nach, und zwar liegen die Schwingungsebenen beider Strahlen senkrecht auf einander; die eine nämlich liegt in dem Hauptschnitte durch den einfallenden Strahl und durch die Richtung der optischen Axe, die zweite aber steht senkrecht auf dem Hauptschnitte. Den letzten Strahl nennt man aus nachher anzugebenden Gründen den gewöhnlichen oder ordinären, und den ersten den ungewöhnlichen oder extraordinären. Da die Polarisationsebene stets senkrecht auf der Schwingungsebene steht, so liegt die Polarisationsebene des gewöhnlichen Strahles im Hauptschnitt, die des ungewöhnlichen aber senkrecht gegen denselben.

Fällt ein Lichtstrahl senkrecht auf eine senkrecht gegen die Axe eines einaxigen Krystalles geschliffene Fläche, so geht derselbe gerade wie durch ein einfachbrechendes Mittel ungebrochen (d. h. nicht abgelenkt von seiner Richtung) und auch ungetheilt durch den Krystall hindurch. Der Strahl kann auch keine Polarisation zeigen, weil es für den Strahl, der in der optischen Axe geht, keinen einzigen, bestimmten Hauptschnitt gibt; alle durch die optische Axe und den mit ihr zusammenfallenden Strahl, gedachten Ebenen (also unzählige) bilden Hauptschnitte, und in ihnen und senkrecht auf ihnen allen können Schwingungsebenen liegen. Anders verhält es sich aber, wenn, um zunächst noch einen einfachen Fall hervorzuheben, ein Lichtstrahl genau senkrecht gegen die optische Axe den Krystall durchdringt. Es bedeute jetzt die Ellipse, Fig. 180, einen durch die optische Axe A B gelegten Durchschnitt des im vorigen Paragraph beschriebenen Ellipsoides für einen positiven Krystall, und es falle senkrecht gegen die optische Axe A B, und senkrecht gegen die

Ebene der Ellipse ein Strahl ein. Dieser senkrechte Strahl erscheint in der Zeichnung in E als ein bloßer Punkt. Seine Schwingungen zerlegen sich bei seinem Eintritt in den Krystall nach den beiden Ebenen, welche durch ihn und die beiden Axen D B und C D gelegt werden können; die erstere Ebene bildet einen Hauptschnitt, die zweite steht senkrecht gegen dieselben. Die Schwingungen, welche in der ersten Ebene erfolgen, bilden den ungewöhnlichen Strahl, und die übrigen den gewöhnlichen. Es fällt daher die Polarisationsebene des gewöhnlichen Strahles mit dem Hauptschnitte zusammen, während die Polarisationsebene des ungewöhnlichen Strahles senkrecht darauf steht. Weil nun aber die Elasticität in der Richtung A B kleiner ist, als in der Richtung C D, so wird der ungewöhnliche Strahl, weil seine Schwingungen parallel mit A B erfolgen, sich langsamer fortpflanzen, und mithin stärker gebrochen werden, als der gewöhnliche. Nimmt man einen Bergkrystall, so findet man den Brechungsexponenten für den gewöhnlichen Strahl = 1,548, für den ungewöhnlichen aber = 1,558.

Wendet man das Vorstehende auf einen negativen Krystall an, so ist C D die Hauptaxe, und die Elasticität in dieser Richtung, in welcher die Schwingungen des ungewöhnlichen Strahles erfolgen (umgekehrt als im eben besprochenen Falle) die größere; es pflanzt sich der ungewöhnliche Strahl daher schneller fort, und seine Brechung ist geringer, als die des gewöhnlichen. Beim Doppelspath beträgt die Brechung des gewöhnlichen Strahles 1,654, die des ungewöhnlichen aber 1,483.

Wenn also ein Lichtstrahl einen einaxigen Krystall in der Richtung der Axe durchdringt, so bleibt er einfach, und nimmt keine neuen Eigenschaften an; fällt derselbe aber senkrecht auf die Axe ein, so wird er in zwei senkrecht gegen einander polarisirte Strahlen gespalten, deren Brechungsexponenten verschieden sind. Denkt man sich aus einem Bergkrystalle oder Doppelspathe ein Prisma, dessen Kante parallel mit der Hauptaxe geht, geschnitten, so zeigt jedes ein doppeltes Bild; nur ist in dem Bergkrystall das gewöhnliche Bild am wenigsten abgelenkt, im Doppelspath aber am meisten. Auch gilt hier, wenn der Strahl senkrecht auf die Axe einfällt, für den ungewöhnlichen Strahl noch das Gesetz, daß der einfallende Strahl mit dem gebrochenen, und zugleich mit dem Einfallslothe in einer Ebene (Einfallsebene) liegt. Von welcher Seite her, und unter welchen Winkeln ein Lichtstrahl das oben angegebene Prisma aus Bergkrystall oder aus Doppelspath, dessen Kanten mit der optischen Axe parallel gehen, in einer auf dieser Axe senkrechten Ebene auch durchlaufen mag, stets ist das Brechungsverhältniß des gewöhnlichen und des ungewöhnlichen Strahles dem oben angegebenen gleich.

§. 263. Die eben beschriebenen Erscheinungen finden aber in der angeführten Weise nicht mehr statt, wenn der einfallende Lichtstrahl nicht senkrecht gegen die optische Axe, sondern unter einem beliebigen Winkel gegen dieselbe den Krystall durchdringt. Der Lichtstrahl theilt sich bei seinem Eintritte in den Krystall auch wieder in zwei Strahlen, in einen gewöhnlichen und einen ungewöhnlichen, die beide polarisirt sind, und zwar gerade so wie vorhin, daß die Schwingungsebene des ungewöhnlichen Strahles im Hauptschnitte, die des gewöhnlichen aber senkrecht gegen denselben ist (die Polarisationsebene des gewöhnlichen Strahles liegt also im Hauptschnitte, die des ungewöhnlichen senkrecht dagegen). Das Brechungsverhältniß für den gewöhnlichen Strahl bleibt sich in jeder Richtung gleich groß (also 1,548 im Bergkrystall, und 1,654 im Doppelspath), das Brechungsverhältniß des ungewöhnlichen Strahles weicht aber um so mehr von dem des gewöhnlichen ab, je weiter die Richtung desselben sich von der Richtung der optischen

Axe entfernt. Die größte Abweichung desselben entsteht in dem früher betrachteten Falle, wenn der Strahl senkrecht gegen die optische Axe einfällt. Es ändert sich also das Brechungsverhältniß des ungewöhnlichen Strahles nach der Richtung, in welcher er den Krystall durchläuft, beim Bergkrystall zwischen den Grenzen 1,548 und 1,558, und beim Doppelspath zwischen den Grenzen 1,654 und 1,483. Die Brechung des ungewöhnlichen Strahles erfolgt, außer wenn derselbe gerade in einem Hauptschnitte geschieht, aber nicht so wie früher, daß der gebrochene Strahl mit dem einfallenden Strahle und mit dem Einfallslothe in einer Ebene läge; es tritt der ungewöhnliche Strahl vielmehr aus dieser Ebene heraus. Wegen dieser eben angeführten Abweichung und wegen des mit der Richtung veränderlichen Brechungsverhältnisses hat der betreffende Strahl den Namen des ungewöhnlichen erhalten.

Eine genauere Herleitung dieses Falles aus den Gesetzen der Vibrationstheorie liegt außerhalb der Grenzen dieses Grundrisses.

§. 264. Die bisher angegebenen Erscheinungen kann man am leichtesten beim Doppelspath beobachten. Man nimmt ein Rhomboeder desselben, wie es in Fig. 179 gezeichnet ist, und legt es mit einer Seitenfläche auf ein weißes Papier, auf welches man eine feine gerade schwarze Linie, oder einen schwarzen Punkt gezeichnet hat. Da in dieser Lage des Krystalles Lichtstrahlen in das über dem Krystall befindliche Auge gelangen, welche schief gegen die Axe des Krystalles gerichtet sind, so werden dieselben doppelt gebrochen; der schwarze Punkt erscheint deßhalb stets doppelt, und wenn man den Krystall auf dem Papier über demselben herumdreht, so sieht man das ungewöhnliche Bild des Punktes sich um das gewöhnliche herumbewegen, zugleich ein Beweis, daß die ungewöhnlich gebrochenen Strahlen meistens aus der Einfallsebene heraustreten. Diese letztern Strahlen bleiben nur dann in der Einfallsebene, wenn die Brechung in einem Hauptschnitte erfolgt. Man kann sich hievon durch die Betrachtung einer schwarzen Linie überzeugen; in den meisten Lagen erscheint dieselbe doppelt; nur, wenn beim Herumdrehen des Krystalles (während das Auge sich über demselben befindet) die Brechung in dem Hauptschnitte geschieht, fallen beide Linien in eine zusammen. Daß wirklich auch bei dieser Brechung zwei Bilder vorhanden sind, ergibt sich einmal aus der Betrachtung des Punktes, der stets doppelt erschien, und zweitens auch selbst aus der Betrachtung der Linie; macht man nämlich die Linie nur kurz (kürzer als der Krystall ist), so sieht man an der weniger dunkeln Farbe der Enden, daß die beiden Linien sich nicht vollständig decken, sondern mit einem Ende hervorstehen.

Hebt man den Krystall von dem Papier auf, und sieht so schief durch denselben, daß der Lichtstrahl parallel mit der Hauptaxe geht, so erscheint der schwarze Punkt nur einfach.

Will man diese Versuche des Abends anstellen, so belegt man die eine Seitenfläche eines Rhomboeders mit einem Stückchen Stanniol oder einem undurchsichtigen Papiere, in welches man mit einer Nadel eine feine Oeffnung gemacht hat, und sieht durch den Krystall und die Oeffnung nach einem Lichte (die belegte Seite des Krystalls wird dem Lichte zugewendet); die runde Oeffnung erscheint dann doppelt.

§. 265. Daß diese beiden Lichtstrahlen, welche durch die Doppelbrechung entstehen, polarisirt sind, ist sehr leicht dadurch nachzuweisen, daß man sie mit Hülfe des früher beschriebenen Polarisationsspiegels untersucht; man läßt sie nämlich auf ein hinten geschwärztes Spiegelglas (z. B. CD Fig. 175) unter einem Winkel von $35\,{}^1/_2{}^0$ auffallen. Bei der Umdrehung dieses Spiegels

um die einfallenden Strahlen als Axe wird, wenn die Reflexionsebene des Spiegels mit dem Hauptschnitte zusammenfällt, der gewöhnliche Lichtstrahl sichtbar bleiben, der ungewöhnliche aber verschwinden, während es genau umgekehrt sich verhält, wenn die Reflexionsebene des Spiegels auf dem Hauptschnitte senkrecht steht. In den Zwischenlagen erscheint der gewöhnliche oder der ungewöhnliche Strahl als der hellere, je nachdem die Reflexionsebene des Spiegels sich dem Parallelismus mit dem Hauptschnitte oder der senkrechten Stellung gegen denselben mehr nähert.

Da sich jeder der beiden aus dem doppelt brechenden Krystalle austretenden Strahlen verhält, wie ein auf dem Spiegel unter einem Winkel von 35½° zurückgeworfener Strahl (polarisirt ist), so kann man den im Vorhergehenden zur Untersuchung angewandten Spiegel ersetzen durch einen Doppelspath; man legt also zwei Doppelspathe auf einander. Die Erscheinungen, welche sich jetzt darbieten, lassen sich nach dem Vorhergehenden ohne Weiteres angeben; wenn der Hauptschnitt des zweiten Doppelspathes dem des ersten parallel liegt, so sieht man durch beide hindurch nur die beiden Bilder, wie sie der erste Doppelspath zeigt, noch weiter von einander entfernt. Drehet man den zweiten Krystall, so entstehen aus jedem der beiden aus dem ersten Krystall austretenden Strahlen wieder zwei; die neu entstandenen sind anfangs schwach, und wachsen an Helligkeit, während die beiden anfänglichen an Helligkeit abnehmen, bis die Drehung einen halben rechten Winkel (45°) beträgt, dann haben alle vier Strahlen gleiche Helligkeit. Drehet man noch weiter, so werden die anfänglichen Strahlen immer schwächer und verschwinden bei 90°, wo die Hauptschnitte beider Krystalle auf einander senkrecht stehen; es bleiben dann nur die beiden andern zurück. Drehet man noch weiter, so sieht man wieder vier Strahlen u. s. w.

§. 266. Nicol hat ein Mittel angegeben, um mit Hülfe eines Kalkspathes ebenso nur einen polarisirten Strahl zu erhalten, als wie von dem Polarisationsspiegel. Er construirt aus zwei Stücken Kalkspath A B C und A C D ein Prisma, Fig. 181, dessen beide Stücke in der Ebene A C durch Canadabalsam zusammengekittet sind. Wenn nun ein Lichtstrahl durch A B eindringt, wird er doppelt gebrochen; beide Strahlen e f und e g treffen die Trennungsfläche. Nicol hat nun die Verhältnisse so gewählt, daß an der Schicht von Canadabalsam, deren Brechungsexponent 1,54 ist, der gewöhnliche, also stärker gebrochene Strahl e g schon eine totale Reflexion erleidet, während der ungewöhnliche Strahl e f das Prisma weiter durchbringt. Ein solches Nicol'sches Prisma liefert also einen einzigen polarisirten Strahl. Fertigt man noch ein zweites solches Prisma an, und stellt beide hinter einander, so zeigen sie ganz genau dieselben Erscheinungen, wie die beiden Spiegel in §. 175, und bilden einen Polarisationsapparat. Drehet man das eine Prisma herum, so wird das Gesichtsfeld bald hell und bald dunkel, genau wie in §. 257.



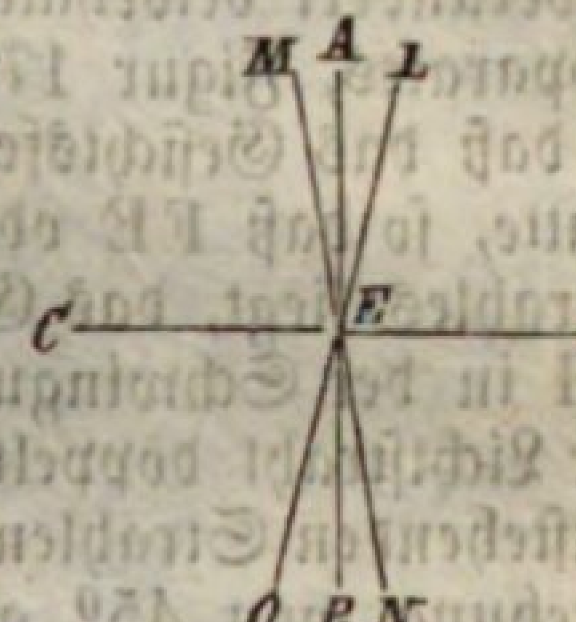
Fig. 181.

Der Turmalin, welcher zum hexagonalen Systeme gehört, absorbirt den einen Strahl stärker als den andern; schneidet man eine Platte aus ihm parallel mit seiner Hauptaxe, so erhält man durch sie ebenfalls nur einen polarisirten Strahl, dessen Polarisationsebene, wie sich durch Untersuchung mittelst eines geschwärzten Spiegels ergibt, senkrecht auf der Hauptaxe steht; seine Schwingungsebene fällt also in den Hauptschnitt, woraus hervorgeht, daß von den beiden durch die Doppelbrechung entstandenen Strahlen

nur der ungewöhnliche hindurchgeht, während der gewöhnliche absorbirt wird. — Man kann also jeden Polarisationsspiegel und jedes Nicol'sche Prisma durch eine solche Turmalinplatte ersetzen, und auch selbst aus zwei solchen Platten einen sehr brauchbaren Polarisationsapparat construiren.

§. 267. In denjenigen Krystallen, welche zu den vier letzten der §. 103 aufgeführten Krystallsysteme gehören, gestalten sich, weil alle drei Axen ungleich sind, die Erscheinungen wieder anders. Da die Cohäsionsverhältnisse nach den drei Axen verschieden sind, so ist auch die Elasticität des Aethers nach denselben Richtungen verschieden. Es gibt in einem Krystalle dieser Systeme keinen gewöhnlich gebrochenen Strahl, d. h. keinen, welcher den Krystall nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit durchdringt; beide durch die doppelte Brechung entstandenen Strahlen werden ungewöhnlich gebrochen.

In allen diesen Krystallen gibt es aber doch zwei Richtungen, welche man mit der Hauptaxe der vorhergehenden Gruppe vergleichen kann; es haben also diese Krystalle zwei optische Axen, und heißen daher zum Unterschiede von den vorhergehenden Krystallen zweiaxige. Die Lage dieser beiden Axen ist in dem rhombischen Systeme, in welchem die drei krystallographischen Axen noch senkrecht auf einander stehen, dadurch bestimmt, daß sie in einer Ebene liegen, welche durch zwei dieser Axen geht, und daß die den zwischen ihnen liegenden Winkel halbirende Linie mit einer dieser Axen zusammenfällt. Bedeuten AB und CD, Figur 182, zwei krystallographische Axen, während die dritte in E darauf senkrecht steht, so sind z. B. beim Arragonit MN und LO die beiden optischen Axen; AB halbirt den Winkel MEL oder OEN. Die Winkel, welche diese Axen einschließen, sind für die verschiedenen Substanzen sehr verschieden. — In den schiefarigen Systemen läßt sich keine allgemeine Beziehung zwischen den beiden optischen Axen und den krystallographischen Axen bis jetzt angeben.

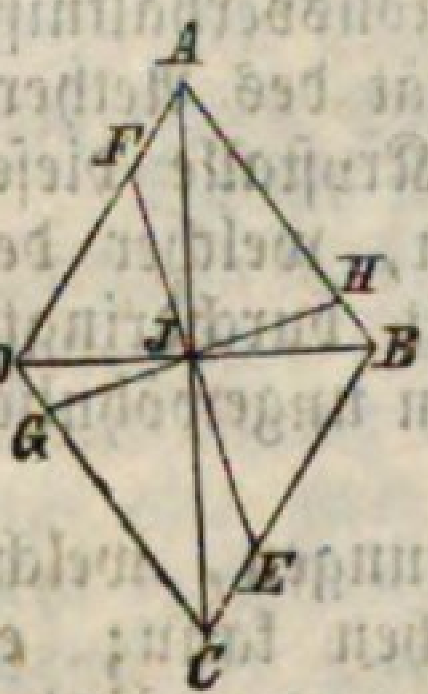


Figur 182.

Außer den früher bezeichneten krystallinischen Körpern können auch nichtkrystallinische, wenn in ihnen eine Spannung zwischen den einzelnen Theilchen hervorgebracht wird, eine Doppelbrechung erzeugen; so z. B. das Glas, wenn es durch eine Schraubenpresse stark zusammengepreßt, oder wenn es ungleichmäßig erwärmt, oder wenn es nach dem Erhitzen schnell und ungleichmäßig abgekühlt wird, so daß ein sehr spröder Zustand eintritt.

§. 268. In dem Doppelspath, in den ähnlichen Krystallen des salpetersauren Natrons und einigen anderen ist die Erscheinung der Doppelbrechung des Lichtes sehr leicht zu beobachten, weil der Unterschied zwischen den Brechungsverhältnissen der beiden Strahlen hinreichend groß ist. Bei anderen Krystallen ist es zweckmäßig, ein Prisma aus ihnen (parallel mit der optischen Axe) zu schleifen, um auf diese Weise die Trennung der beiden Strahlen zu vergrößern; auch kann man ein kleines Galileisches Fernrohr aus einem hinreichend dicken Stücke des Krystalls, z. B. eines sehr klaren Bergkrystalls, (vorn eine convexe und hinten eine concave Fläche) construiren, und wird dann die entfernten Gegenstände doppelt sehen. In vielen Fällen ist es aber nicht möglich, auf eine der angegebenen Weisen die doppelte Brechung wahrzunehmen, und noch weniger durch die bloße Beobachtung derselben die Lage der Axen genau zu bestimmen. In diesem Falle gibt es einen andern Weg, welcher sehr leicht zu dem gesuchten Resultate führt; man bringt den Krystall nämlich in einem der angegebenen Polarisationsapparate (AB und

CD in Figur 175 können also beliebig hinten geschwärzte Spiegelplatten, oder Nicol'sche Prismen oder Turmalinplatten [§. 266] bedeuten) zwischen die beiden polarisirenden Vorrichtungen AB und CD, also z. B. nach MN in Figur 175. Aus den beim Drehen des zwischengelegten Krystalles entstehenden Erscheinungen ergiebt sich dann sowohl die Doppelbrechung, als auch die Anzahl und die Lage der optischen Axen.



Figur 183.

Bedeutet ABCD, Figur 183, eine dünne Gypsplatte, wie man sie leicht durch Spaltung erhält, so müssen gemeine, nicht polarisirte Lichtstrahlen, welche senkrecht diese Platte durchdringen, ihre Schwingungen in zwei auf einander senkrechten Ebenen ausführen. Steht der einfallende Strahl in J auf der Ebene der Platte senkrecht, so zerlegen sich seine Schwingungen erstens in die Ebene, welche durch diesen Strahl und durch FE, und zweitens in die Ebene, welche durch denselben Strahl und durch GH geht, und beide Strahlen sind an Stärke einander gleich. — Wenn aber ein polarisirter Lichtstrahl in senkrechter Richtung das Gypsplättchen in J trifft, und seine Schwingungsebene genau mit einer der beiden vorhin genannten Ebenen durch den Strahl und durch die Linien FE und GH zusammenfällt, so wird der einfallende Strahl ungetheilt bleiben, und auch seine Schwingungsebene unverändert beibehalten. Stehen also die beiden Polarisationsrichtungen des Apparates, Figur 175, senkrecht auf einander (auf 90° oder 270° §. 257), so daß das Gesichtsfeld dunkel erscheint, so wird eine Einschaltung der Gypsplatte, so daß FE oder GH gerade in der Schwingungsebene des einfallenden Strahles liegt, das Gesichtsfeld dunkel lassen. Liegt keine der Linien FE und GH in der Schwingungsebene des einfallenden polarisirten Strahles, so wird der Lichtstrahl doppelt gebrochen, und von den beiden durch die Doppelbrechung entstehenden Strahlen wird der eine stärker sein als der andere, bis zu einer Drehung von 45° gegen die Lage, in welcher das Gesichtsfeld durch die eingeschaltete Gypsplatte dunkel erschien; in dieser Lage haben beide Strahlen gleiche Stärke. — Dreht man den Krystall ein Mal ganz herum, so muß das Gesichtsfeld vier Male dunkel und hell (bei dünnen Platten farbig) erscheinen.

§. 269. Da der einfallende Lichtstrahl senkrecht gegen die Platte gerichtet ist, so werden die durch die Doppelbrechung in der Platte entstehenden zwei Strahlen zwar gar nicht aus ihrer Richtung abgelenkt, aber sie pflanzen sich dennoch wegen der in den senkrecht auf einander stehenden Richtungen verschiedenen Elasticität des Aethers mit verschiedener Geschwindigkeit durch die Platte hindurch fort. Die an der ersten Fläche gleichzeitig in den auf einander senkrechten Ebenen entstandenen Schwingungen werden zu der zweiten Fläche nicht gleichzeitig wieder austreten. Es treffen hier vielmehr Strahlen zusammen, deren Schwingungen um eine bestimmte Größe verschieden sind; es sollte also zwischen diesen Strahlen eine Interferenz eintreten. Dieß geschieht aber nicht, und kann nur dann nicht geschehen, wenn die Schwingungen beider Strahlen auf einander senkrecht stehen, weil nur so keine Aufhebung der Strahlen möglich ist. [Auf dieser Erscheinung, daß zwei rechtwinklig gegen einander polarisirte (oder in senkrechten Ebenen schwingende) Lichtstrahlen einander nicht interferiren, beruhet die Annahme, daß die Schwingungen der Aetherteilchen senkrecht auf der Richtung des Lichtstrahles stehen.]

Wenn man aber diese Schwingungen, welche jetzt noch in auf einander senkrechten Ebenen erfolgen, wieder in eine einzige Ebene vereinigen könnte, so würde eine Interferenz der Strahlen eintreten müssen; diese

Vereinigung wird nun in dem Polarisationsapparate durch die obere Polarisationsvorrichtung bewirkt, und dadurch die Interferenz hervorgerufen. Ist die Platte hinlänglich dünn, so daß der Wegeunterschied der wieder in eine Ebene vereinigten Schwingungen nur wenige Schwingungen beträgt, so wird sie gefärbt erscheinen; diese Farbe muß sich aber mit der Drehung der obern Polarisationsvorrichtung ändern. Gesetzt es stehe die obere Polarisationsvorrichtung gerade rechtwinklig gegen die untere (auf 90° oder 270°), so daß ohne die eingeschobene, doppeltbrechende Krystallplatte das Gesichtsfeld dunkel erscheint, so wird nach der Einschiebung derselben (mit Ausnahme der vorhin erwähnten Lagen) der von ihr eingenommene Theil des Gesichtsfeldes farbig erscheinen; drehet man die obere Polarisationsvorrichtung weiter auf 0° oder 180°, bis sie parallel mit der untern ist, so wird die Farbe der Platte jetzt complementär zu der vorhergehenden werden, weil in dieser Stellung die obere Polarisationsvorrichtung gerade diejenigen Strahlen reflectirt, welche sie in der vorhergehenden rechtwinkligen Stellung vernichtete, und umgekehrt. — Ist die Platte ungleichmäßig dick, so entstehen die den verschiedenen Dicken (oder vielmehr den durch sie veranlaßten Wegeunterschieden der Strahlen) entsprechenden Farben.

Drehet man die dünne Gypsplatte in dem Polarisationsapparate, so ändert sich ihre Farbe nicht, sie wird nur heller und dunkler; am lebhaftesten ist dieselbe gerade in der Mitte zwischen den oben angegebenen dunklen Lagen. Anstatt des Gypsplättchens kann man Glimmerplatten und Platten anderer zweiariger Krystalle anwenden.

Bei etwas dicken Platten werden die Wegeunterschiede der zur Interferenz kommenden Strahlen so bedeutend, daß aus gleichem Grunde, wie bei den Newton'schen Ringen (§. 248) keine Farben mehr erscheinen. Die Platte erscheint dann beim Drehen zwischen den senkrecht gegen einander gestellen Polarisationsvorrichtungen abwechselnd hell und dunkel.

Analoge Erscheinungen bieten Platten von einarigen Krystallen dar.

Sobald also eine in den Polarisationsapparat eingestellte Platte eines Körpers das Gesichtsfeld in gewissen Lagen wieder erhellt, so deutet dieß eine Aenderung in dem Polarisations- oder Schwingungszustande des einfallenden Strahles, und somit eine Doppelbrechung desselben an.

§. 270. Nimmt man eine senkrecht gegen die optische Axe eines einarigen Krystalles geschnittene Platte, und stellt sie so in den Polarisationsapparat, daß der mittelste Strahl des auf sie treffenden und später in das Auge gelangenden polarisirten Lichtbündels genau in der Richtung der optischen Axen geht, so wird der mittelste Strahl einfach und so polarisirt bleiben, wie ihn die untere Polarisationsvorrichtung geliefert hat. Stehen die beiden Polarisationsvorrichtungen senkrecht auf einander, so erscheint die Mitte folglich schwarz, sind sie parallel, so erscheint sie hell.

Die rings um die Mitte herum liegenden Strahlen, welche die Krystallplatte in etwas schief gegen die Axe geneigter Richtung durchlaufen (und zwar um so schiefer, je weiter sie von der Axe entfernt sind), werden aber doppelt gebrochen werden, und da die beiden Strahlen um so mehr in ihrer Geschwindigkeit von einander abweichen, je weiter ihre Richtung sich von der optischen Axe entfernt, so werden beim Austritte aus der Platte ihre Schwingungen in um so mehr verschiedenen Zuständen zusammentreffen, je weiter die Strahlen von der Axe entfernt sind. Vereinigt man einen Theil dieser Schwingungen wieder durch die obere Polarisationsvorrichtung, so muß eine Interferenz eintreten, und es werden sich den Newton'schen (§. 247) gleiche Ringe bilden, weil eben die Verzögerung des einen Strahles

gegen den andern rings um den mittlern Strahl gleichmäßig zunimmt, ihre Farbe geht gerade wie vorhin in die complementäre über, wenn die obere Polarisationsrichtung um 90° gedreht wird.

Diese Newton'schen Farbenringe werden aber hier noch von einem schwarzen Kreuze durchzogen, wenn die beiden Polarisationsvorrichtungen senkrecht gegen einander gestellt sind, und von einem weißen, wenn dieselben mit einander parallel sind. Fig. 184 zeigt die erstere, und Fig. 185 die zweite Erscheinung; mit dem schwarzen Kreuze erscheint die Mitte der Ringe schwarz, mit dem hellen aber hell.


Fig. 184.


Fig. 185.

In zweiaxigen Krystallen giebt es zwei solcher Systeme von Newton'schen Ringen, welche sich hier ebenfalls in den Richtungen der beiden optischen Axen finden. In einer senkrecht gegen die krystallographische Hauptaxe geschliffenen Salpeterplatte liegen die Axen so nahe bei einander, daß man beide Ringsysteme zugleich erblickt; man bemerkt dann um jede Axe in der Nähe ein System von geschlossenen krummen Linien; weiter nach außen vereinigen sich die krummen Linien aus beiden Systemen zu Linien, welche beide Systeme umschließen. Anstatt des dunklen oder hellen Kreuzes der einaxigen Krystalle erscheinen hier dunkle oder helle Büschel, deren Gestalt und Lage sich mit der Lage der Ebene der beiden optischen Axen in Beziehung auf die Polarisationsebene des einfallenden Strahles ändert. Bilden die optischen Axen einen größern Winkel mit einander, so kann man jedes Mal nur ein Ringsystem beobachten, und muß die Platte zur Beobachtung des andern entweder nur anders stellen oder anders schleifen.

Sehr schöne farbige Erscheinungen zeigen auch die schnell abgekühlten, und dadurch doppelt brechenden Glasplatten. Auch durch bloßes Zusammenpressen oder Biegen eines gewöhnlichen Glases lassen sich in Folge der entstandenen Doppelbrechung farbige Ringe oder Streifen erzeugen, wenn man das Glas in den Polarisationsapparat bringt.

Die farbigen Ringsysteme ändern sich in ihrem Ansehen ebenso ab, wie die Newton'schen Ringe, wenn man nicht das Sonnenlicht, sondern ein farbiges homogenes Licht anwendet. — Durch ihre Auffindung lassen sich die optischen Axen der doppeltbrechenden Krystalle genau bestimmen. Bei Anwendung der verschiedenen farbigen Lichtstrahlen ergiebt sich, daß die optischen Axen je nach der Farbe des angewandten Lichtes eine etwas verschiedene Lage haben. Der Winkel, welchen die beiden optischen Axen mit einander bilden, ist beim Salpeter 5° 20′, beim Talk 7° 24′, beim Arragonit 18° 18′, beim Borax 28° 42′, beim Schwerspath 37° 42′, Zucker 50°, Gyps 60°, Feldspath 63°, Weinsteinsäure 79°, Eisenvitriol 90° u. s. w. Beim Glimmer und Topas finden sich verschiedene Winkel nach den verschiedenen Fundorten.

§. 271. Untersucht man eine Bergkrystallplatte, welche senkrecht gegen die Hauptaxe geschliffen ist, unter Anwendung des Sonnenlichtes oder des zerstreuten Tageslichtes in dem Polarisationsapparate, so zeigt sich die Mitte derselben stets fertig, und diese Farben ändern sich, ohne daß es dunkel wird, wenn man die obere Polarisationsvorrichtung drehet. Bei einigen

Bergkrystallen muß diese Vorrichtung rechts gedreht werden, um die Farben in der Ordnung Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett zu erhalten; bei anderen dagegen muß dieselbe links gedreht werden, wenn dieselbe Folge der Farben entstehen soll. Die ersteren Platten nennt man rechts drehende, die andere links drehende. Wendet man anstatt des Sonnen- oder Tageslichtes homogenes z. B. durch ein rothes Glas gegangenes Licht an, so erscheint die Mitte der Bergkrystallplatte in zwei Stellungen der obern Polarisationsvorrichtung dunkel; aber diese Stellungen sind nicht mehr dieselben, bei welchem das Gesichtsfeld ohne Einschaltung der Bergkrystallplatte (also bei senkrechter Stellung der obern gegen die untere, bei 90° oder 170°) dunkel war. Die neue Stellung der obern Polarisationsvorrichtung, in welcher die Mitte des Bergkrystalles dunkel erscheint, weicht von der ursprünglichen (auf 90° oder 270°) um so mehr nach rechts oder links ab, je dicker die Platte wird. Es ist also die Polarisationsebene des auf die Platte fallenden Lichtstrahles beim Durchgange durch dieselbe um eine bestimmte Größe nach rechts oder links gedreht worden. Wendet man die verschiedenen Farben nach einander an, so zeigt sich, daß die Drehung für das rothe Licht am kleinsten, und von diesem aus nach dem violetten hin immer größer wird. Durch diese verschiedene Größe der Drehungen, welche die Polarisationsebenen bei Anwendung verschiedener Farben erleiden, erklärt sich, warum bei Anwendung von Sonnenlicht die Platte niemals dunkel erscheint; es kann die obere Polarisationsvorrichtung niemals alles Licht vernichten.

Fresnel hat diese Erscheinung Circularpolarisation genannt, und gezeigt, daß sie sich durch die eigenthümliche Doppelbrechung, welche ein Lichtstrahl erleidet, der einen Bergkrystall längs der Axe durchdringt, erklären läßt. Biot hat die Circularpolarisation bei mehreren Flüssigkeiten beobachtet; und auch hier zeigt sich, daß einige eine Drehung der Polarisationsebene nach rechts, andere nach links erzeugen. Links drehen z. B. Terpentinöl, Gummilösung, rechts dagegen Citronenöl, Auflösungen von Kampher in Alkohol, Dextrin (Stärkegummi, dessen Name hievon abgeleitet ist) u. s. w. Auch die Pflanzenalkaloide und ihre Salze erzeugen eine Circularpolarisation.

Um die Circularpolarisation in Flüssigkeiten zu beobachten, schließt man eine Röhre an dem einen Ende durch ein Stück Spiegelglas (das sich bei der Untersuchung frei von Doppelbrechung zeigen muß), füllt die Flüssigkeit ein, und stellt die oben offene Röhre genau vertikal in den Polarisationsapparat, Fig. 175. Wenn der Polarisationsapparat aber horizontal steht, so schließt man die Flüssigkeit entweder in eine an beiden Enden durch eine Glasplatte verschlossene Röhre ein, oder in einen oben offenen länglichen Kasten, der nur an den zwei schmalen Seiten, durch welche man hindurch sieht, von parallelen Glasplatten begrenzt wird. Auch bei Flüssigkeiten nimmt die Größe der Drehung mit der Länge der Flüssigkeitssäule zu.

§. 272. Das Auge des Menschen läßt sich am besten vergleichen mit einer sog. Camera obscura (§. 222). Der Augapfel A B C, Fig. 186, wird außen gebildet durch eine weiße harte Haut (tunica sclerotica), welche an ihrem vordern Theile A C sich etwas stärker krümmt und durchsichtig ist, dieser Theil heißt die Hornhaut (cornea). Im Innern des Auges ist

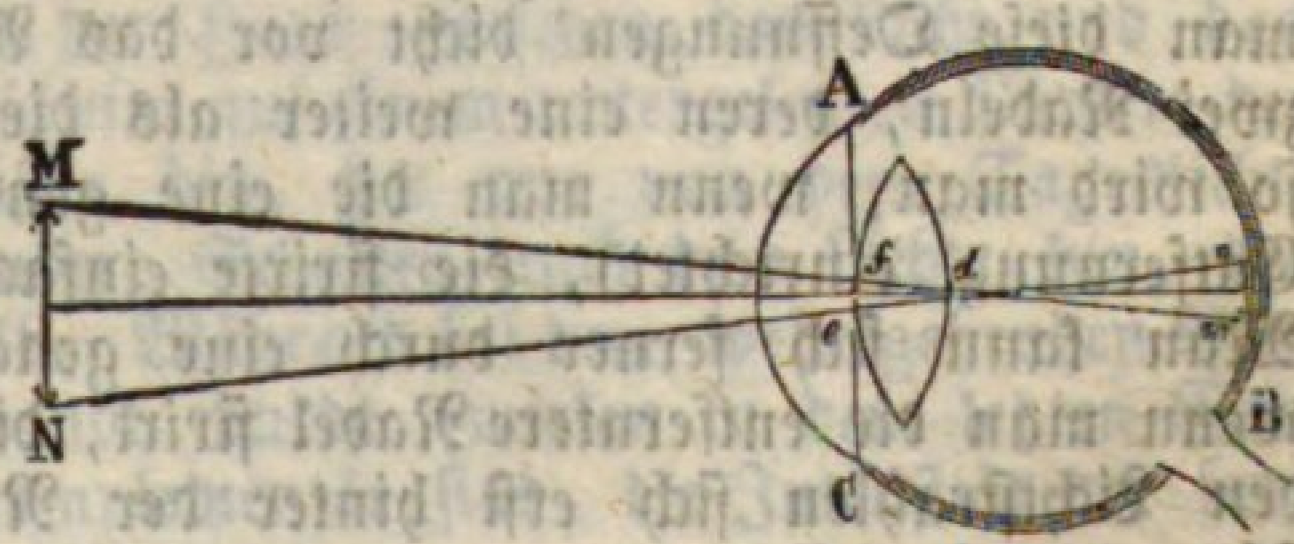


Fig. 186.

die harte Haut mit einer gefäßreichen und von einem schwarzen Pigment bekleideten Haut, der Aderhaut (tunica choroïdea) bedeckt; auf der Innenseite dieser Aderhaut ist endlich der bei B eintretende Sehnerv als Netzhaut (retina) entfaltet und ausgebreitet. Zwischen A und C findet sich ein kreisförmiger, vorn farbiger und hinten ebenfalls mit schwarzem Pigment überzogener Schirm, die Iris oder Regenbogenhaut, der in seiner Mitte eine Oeffnung e, die Pupille oder das Sehloch hat. Hinter dieser Oeffnung liegt die sogenannte Glaslinse, ein linsenförmiger Körper, dessen hintere Fläche d stärker gekrümmt ist als die vordere f. Zwischen der Linse und der Hornhaut in der sogenannten vordern Augenkammer befindet sich eine wasserhelle Flüssigkeit (wässerige Feuchtigkeit, humor aqueus), in dem größern Raume hinter der Linse, der hintern Augenkammer, liegt die sogenannte gläserne Feuchtigkeit (humor vitreus), eine durchsichtige gallertartige Masse.

Befindet sich vor dem Auge ein leuchtender Gegenstand M N, so entsteht durch die Brechung in der Hornhaut, in der Linse und in den Feuchtigkeiten ein verkehrtes Bild m n auf der Netzhaut. Die Netzhaut ist als Ausbreitung des Sehnervs der allein empfindende Theil des Auges, und alle übrigen Theile desselben dienen nur, um ein Bild auf derselben zu erzeugen. Man kann dieses verkehrte Bild auf der Netzhaut sehr gut wahrnehmen in dem Auge eines weißen Kaninchens, bei welchem das schwarze Pigment fehlt, wenn man die hintere Seite des Auges von allem Fremdartigen befreit, und die Hornhaut desselben einem hellen Fenster gegenüberstellt.

§. 273. Es ist früher §. 218 gezeigt worden, daß bei einer gegebenen Linse die Lage des Bildes von der Entfernung des Gegenstandes abhängt; daher wird es auch für jedes Auge eine bestimmte Entfernung des Gegenstandes geben, bei welcher das Bild desselben genau und scharf auf der Netzhaut erscheint. Ein Jeder weiß aber, daß er nach einander Gegenstände nicht bloß in einer bestimmten, sondern in sehr verschiedenen Entfernungen in scharfen Umrissen sieht; es muß also das Auge die Fähigkeit haben, sich den verschiedenen Entfernungen der Gegenstände gemäß so abzuändern, daß das Bild immer wieder auf die Netzhaut fällt. Man nennt diese Fähigkeit das Accomodationsvermögen, und hat dasselbe aus einer Veränderung in der Form des Auges, oder in der Krümmung der Hornhaut, oder in der Lage der Linse oder in der Weite der Pupille ableiten wollen. Vielleicht ist wegen der, von einer Kugel abweichenden Form der brechenden Flächen der Hornhaut und der Linse die zu der Accomodation für verschiedene Entfernungen nöthige Veränderung im Auge geringer, als man gewöhnlich annimmt.

Daß das Auge aber wirklich nicht fähig ist, Gegenstände in verschiedenen Entfernungen gleichzeitig deutlich zu sehen, zeigt ein bekannter von Scheiner angegebener Versuch. Man sticht in ein Kartenblatt mit einer Nadel zwei kleine Oeffnungen, die ungefähr eine Linie von einander entfernt sind. Hält man diese Oeffnungen dicht vor das Auge, und betrachtet durch dieselben zwei Nadeln, deren eine weiter als die andere von dem Auge entfernt ist, so wird man, wenn man die eine genau fixirt (d. h. das Auge für diese Entfernung einrichtet), die fixirte einfach, die andere aber doppelt sehen. Man kann sich ferner durch eine genaue Untersuchung überzeugen, daß, wenn man die entferntere Nadel fixirt, die von der nähern Nadel ausgehenden Lichtstrahlen sich erst hinter der Netzhaut vereinigen, umgekehrt aber schon vor derselben, wenn man das Auge für die nähere Nadel einrichtet.

Durch ein mangelhaftes Accomodationsvermögen entstehen Weitsichtigkeit

und Kurzsichtigkeit; bei weitsichtigen Augen fallen die Bilder naher Gegenstände hinter die Netzhaut, man macht die Strahlen deßhalb durch Einschiebung eines converen Glases convergenter. Bei kurzsichtigen Augen findet das Umgekehrte statt, man vermindert also durch ein passendes concaves Glas die Convergenz soweit, daß auch für entferntere Gegenstände das Bild genau auf die Netzhaut fällt.

Das menschliche Auge ist ziemlich, aber doch nicht völlig achromatisch, d. h. frei von der bei der Brechung entstehenden Farbenzerstreuung. Man betrachte ein Fensterkreuz gegen eine weiße Wolke, und schiebe allmälig nahe am Auge ein Kartenblatt über die Pupille, bis diese zur Hälfte bedeckt ist, so wird das Fensterkreuz mit schwach farbigen Rändern erscheinen.

§. 274. Ein Lichteindruck, welchen das Auge empfangen hat, dauert eine kurze Zeit hindurch fort; deßhalb erscheint eine schnell umgedrehte, mit weißen und schwarzen Sectoren bemalte Kreisscheibe gleichförmig grau. Beleuchtet man aber die schnell gedrehte Scheibe mit einem momentanen Lichtfunken (elektrischen Funken), so kann man die einzelnen weißen und schwarzen Flächen deutlich unterscheiden, weil keine Vermischung der Eindrücke möglich ist, da jeder Punkt nur eine unendlich kleine Zeit hindurch gesehen wird. Es lassen sich mehrere Apparate construiren, um diese Dauer des Lichteindrucks auf überraschende Weise zu zeigen.

Hat man eine Zeit lang einen hell leuchtenden, blendenden Gegenstand betrachtet, und wendet dann schnell das Auge hinweg nach einer wenig erhellten Wand, oder schließt auch das Auge, so erscheinen Nachbilder oft mit den schönsten Farben, die sich nach und nach verändern. Richtet man das Auge unverwandt auf das helle Licht, welches ein Stückchen in Sauerstoffgas verbrennender Phosphor erzeugt, so bemerkt man nach dem Schließen des Auges schöne farbige Nachbilder, welche roth, gelb, grün oder blau erscheinen; sie dauern mehrere Minuten lang fort.

Wendet man das Auge erst eine Zeit lang gegen ein Fenster, hinter welchem sich der helle Himmel befindet, und dann gegen eine nur schwach erleuchtete Wand, so erscheint auf derselben ein Fenster mit hellem Kreuze. Der Grund hievon ist, daß die matt erleuchtete Wand auf diejenigen Stellen der Netzhaut, auf welche das Bild des dunklen Fensterkreuzes fiel, und welche dadurch keinen starken Lichteindruck empfingen, einen stärkern Eindruck macht, als auf diejenigen Stellen, welche zuvor von dem Lichte des hellen Himmels überreizt wurden.

Hat das Auge den Reiz eines farbigen Lichtes längere Zeit empfunden, so erscheint ein weißer Körper dann mit der complementären Farbe des angewandten Lichtes. Legt man z. B. einen sehr schmalen Streifen weißes Papier auf ein rothes Glas, und betrachtet dadurch eine weiße Wolke oder eine andere weiße Fläche, so erscheint der Papierstreifen grün; bei Anwendung eines blauen Glases erscheint er gelb u. s. w.

Wenn man in der Dämmerung ein brennendes Licht in die Nähe eines Fensters stellt, und durch Vorhalten der Hand zwischen das Licht und das Fenster einen Schatten bildet, so erscheint auf einem untergelegten Papiere der Schatten der Hand nach dem Fenster hin, der nur von dem Tageslichte beleuchtet wird, schön blau, der andere Schatten nach dem Lichte hin, der nur von diesem beleuchtet wird, gelb. Während bei dem vorhergehenden Versuche nur ein farbiges Licht angewandt wurde, wirken in dem letzten Versuche zwei, und erhöhen, weil sie complementär sind, die Intensität der farbigen Schatten.

Die Farben der Nachbilder, und die durch die Betrachtung einer Farbe

hervorgerufenen complementären Farben gehören nicht den Körpern an (sind keine objectiven); sie entstehen nur in unserm Auge, sind also subjective.

§. 275. Die Sonnenstrahlen üben auf viele Substanzen eine chemische Wirkung aus, indem sie dieselben entweder zersetzen, oder zum Eingehen neuer Verbindungen veranlassen. Concentrirte Salpetersäure wird im Lichte zersetzt, aus einer Lösung von Goldchlorid scheidet sich im Lichte metallisches Gold ab u. s. w., ein Gemenge aus gleichen Raumtheilen Chlor und Wasserstoff vereinigt sich unter Explosion im weißen und blauen (nicht im gelben und rothen) Lichte zu Chlorwasserstoffsäure; ebenso verbinden sich im Lichte Chlor- und Kohlenoxydgas, Chlor- und ölbildendes Gas u. s. w. Viele Farbstoffe aus dem Pflanzenreiche werden durch das Sonnenlicht gebleicht, oder umgeändert. Ein mit der weingeistigen Lösung des Guajaks bestrichenes Papier, das röthlich aussieht, wird im Tageslichte theegrün.

Am meisten untersucht sind diejenigen Veränderungen, welche das Licht in dem Chlor-, Jod- und Bromsilber erzeugt. Am stärksten wirken chemisch auf die eben angeführten Verbindungen die violetten, also die meist brechbaren Strahlen, während die rothen und gelben anfangs gar nicht wirken. Läßt man das durch ein Prisma gebildete Farbenspectrum (§. 234) auf ein mit den genannten Verbindungen bestrichenes Papier fallen, so zeigt sich die Abnahme der chemischen Wirkung nach dem rothen Ende des Spectrums hin augenscheinlich; auf der violetten Seite erstreckt sich aber die Wirkung selbst noch in den dunklen Raum jenseits der Grenze des sichtbaren Violetts. Merkwürdig ist, daß die rothen Strahlen, welche allein keine Wirkung hervorzubringen vermögen, merkliche Veränderungen erzeugen, wenn das Jodsilber eine äußerst kurze Zeit hindurch den blauen oder violetten Strahlen ausgesetzt worden ist. Läßt man das Jodsilber noch etwas länger den zuletzt genannten Strahlen ausgesetzt, so daß die Veränderung im Jodsilber so weit vorgeschritten ist, daß es Quecksilberdämpfe auf sich niederschlägt, so wirken auch die gelben und grünen Strahlen. Die Wirkung der violetten, blauen und später auch der rothen Strahlen geht dahin, das Jodsilber zu schwärzen, ist dieser Zustand eingetreten, so hört die Wirkung der genannten Strahlen auf; die gelben Strahlen entfärben dann das geschwärzte Silber wieder.

Man benutzt diese Wirkung des Lichtes zu der Anfertigung von Bildern. Man nimmt nach Daguerre (dem Erfinder) eine silberplattirte Kupferplatte, setzt sie den Jod- und auch wohl Bromdämpfen aus, und stellt sie in eine Camera obscura (§. 222), so daß das Bild des gewählten Gegenstandes sich genau auf der Platte findet; die Platte muß natürlich gegen alles fremde Licht sorgfältig geschützt werden. Dann tritt bald eine Veränderung in dem Jodsilber ein, die freilich dem Auge noch nicht sichtbar ist, die aber dadurch sichtbar gemacht werden kann, daß man die Platte in einem Kasten den Dämpfen von etwas erwärmtem Quecksilber aussetzt. Das Bild tritt dann in seiner ganzen Schärfe hervor. Um die Platte gegen den weitern Einfluß des Lichtes unempfindlich zu machen, nimmt man das noch unveränderte Jodsilber durch Abwaschen in einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron hinweg.

Anstatt der versilberten Kupferplatten kann man auch Papier nehmen, auf welchem man eine sehr feine Masse von Jod- oder Chlorsilber angebracht hat (photographisches Papier); am einfachsten ist es, Papier mit einer äußerst verdünnten Kochsalzlösung zu tränken, und es nach dem Trocknen durch eine ebenfalls verdünnte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd zu ziehen. Es gibt eine große Menge von Vorschriften, welche alle den Zweck

haben, die Zeit, während welcher das Papier dem Lichte ausgesetzt werden muß, abzukürzen.

§. 276. Nahe verwandt mit der chemischen Wirkung des Lichtes ist diejenige Wirkung, welche das Licht auf viele natürliche und künstliche Substanzen ausübt; dieselben leuchten nämlich, wenn sie einige Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt worden sind, längere Zeit nachher noch im Dunkeln. Man nennt diese Körper Leuchtsteine, und die erwähnte Eigenschaft Phosphorescenz. Sehr stark zeigt sich diese Eigenschaft bei einem Flußspath (dem Chlorophan), vielen Diamanten u. s. w. Künstlich erhält man solche Leuchtsteine durch Glühen von Austerschalen, oder durch Glühen von eisenfreiem Schwerspath, den man gepulvert und mit etwas Traganth zu dünnen Tafeln zusammengeknetet hat; durch Glühen der Austerschalen entsteht etwas Schwefelcalcium, durch Glühen des Schwerspaths Schwefelbarium. Die Farbe des Lichtes, in welchem die Leuchtsteine leuchten, läßt sich durch gewisse Zusätze abändern. Aehnlich wie das Sonnenlicht wirkt auch der elektrische Funke erregend auf die Leuchtsteine. Auch durch Erwärmung tritt die Phosphorescenz bei den meisten Leuchtsteinen ein; ja manche Stoffe, welche durch Bestrahlung mit dem Sonnenlichte nicht leuchtend werden, erlangen diese Eigenschaft durch Erwärmung, z. B. das schwefelsaure Chinin. — Das Leuchten von verfaulenden oder verwesenden Thieren und Pflanzen hat sicher in den dabei vorgehenden chemischen Veränderungen seinen Grund. Durch ähnliche Vorgänge entsteht auch wohl das Leuchten lebender Thiere, wie es in den niederen Klassen des Thierreichs sich öfters findet.

Elfter Abschnitt.

Von der Wärme.

§. 277. Mit dem Worte Wärme bezeichnet man entweder eine eigenthümliche Empfindung oder auch das Agens, welches diese Empfindung in uns hervorruft; im Folgenden wird Wärme stets in der letzten Bedeutung gebraucht.

Die schon in §. 7 bis §. 11 besprochenen Ausdehnungen der Körper durch die Wärme sind diejenigen Erscheinungen, welche zunächst einem Beobachter sich darbieten. Ebendaselbst ist auch schon von den gewöhnlichen Thermometern das Nöthigste mitgetheilt worden.

Bei der Ausdehnung eines Körpers durch die Wärme muß man die lineare Ausdehnung (nur nach einer Richtung) unterscheiden von der kubischen Ausdehnung oder der Ausdehnung des Volumens (also nach Länge, Breite und Höhe). Ist von der Ausdehnung der festen Körper die Rede, so meint man, wenn nichts weiter hinzugefügt wird, fast durchgängig die lineare Ausdehnung; unter der Ausdehnung der flüssigen und luftförmigen Körper wird dagegen die Ausdehnung des Volumens verstanden. Die kubische Ausdehnung oder die Ausdehnung des ganzen Volumens ist die dreifache der linearen; man kann also leicht die eine auf die andere reduciren.

Bei festen Körpern mißt man mit wenigen Ausnahmen stets die lineare Ausdehnung. Dieß geschieht, indem man die Länge einer Metallstange bei zwei verschiedenen Temperaturen, z. B. erst bei 0° und dann bei 100°

mit Genauigkeit bestimmt. Innerhalb der angegebenen Grenzen geht bei den Metallen die Ausdehnung der Temperaturzunahme proportional; kennt man also die Ausdehnung eines Metalles zwischen 0° und 100°, so ist dieselbe für einen Grad der hundertste Theil derselben. Bedeutet L die Länge eines Körpers bei 0°, und α die Größe der Ausdehnung eines Körpers von der Länge 1 für 1 Grad oder den sogenannten Ausdehnungscoefficienten, so wird die Ausdehnung eines Körpers von der Länge L für 1 Grad gleich $L\alpha$ und die Länge desselben bei der Temperatur $1^0 = L + L\alpha = L(1 + \alpha)$. Bezeichnet man mit L′ seine Länge bei der Temperatur t, so ist $L' = L + L\alpha t = L(1 + \alpha t)$. Ist α und t bekannt, so kann man nach dieser Formel berechnen, wie groß L bei der Temperatur t wird. Hat man aber bei einem Versuche L, L′ und t gemessen, so kann man umgekehrt auch α berechnen, $\alpha = \frac{L' - L}{L\,t}$.

Um die Ausdehnung genauer zu messen, sucht man sie durch Anwendung von ungleicharmigen Hebeln zu vergrößern. Man vergleicht auch wohl die Länge eines Körpers mit der Länge eines andern, indem man beide gleichen Temperaturen aussetzt; im letztern Falle muß natürlich die Ausdehnung des zur Vergleichung dienenden Körpers genau bekannt sein, wenn man aus dieser Vergleichung die Ausdehnung des andern Körpers ableiten will.

Die nachfolgende Tabelle gibt die Ausdehnungscoefficienten α der am häufigsten angewandten Körper an. Der Ausdehnungscoefficient für einen Grad des hunderttheiligen Thermometers zwischen 0°—100° ist beim

Platin . . .	$\frac{1}{1167}$	Schmiedeisen (gezogener Draht)	$\frac{1}{812}$	Kupfer . . .	$\frac{1}{581}$
Gold	$\frac{1}{660}$	Gußeisen . .	$\frac{1}{901}$	Messing . . .	$\frac{1}{535}$
Silber . . .	$\frac{1}{524}$	Stahl (nicht gehärtet) . .	$\frac{1}{927}$	Zink	$\frac{1}{340}$
				Blei	$\frac{1}{351}$
				Glas	$\frac{1}{1120}$

Ueber 100° hinaus nimmt die Ausdehnung der Metalle in stärkerm Maaße zu.

§. 278. Aus vorstehender Tabelle sieht man, was auch schon §. 8 durch einen Versuch nachgewiesen wurde, daß die verschiedenen Metalle eine sehr verschiedene Ausdehnung für dieselben Temperaturunterschiede zeigen. Es wurde daselbst auch schon erwähnt, daß man sich dieser verschiedenen Ausdehnung zur Construction von Thermometern bedienen könne. Die in Fig. 1 abgebildete Vorrichtung, ein aus Eisen und Messing zusammengelötheter Streifen, ist selbst ein Thermometer, nur würden die Veränderungen, welche der Stab in seiner Krümmung erfährt, zu gering sein, um kleine Temperaturunterschiede unmittelbar anzuzeigen. Man bringt deßhalb das eine Ende B mit Hebeln und Rädern in Verbindung, um die Aenderungen dadurch sichtbarer zu machen. Da aber das Instrument in der angegebenen Form zu unbequem wäre, so biegt man den Streifen A B (Fig. 1) zu einem Ringe zusammen, dessen eines Ende A allein befestigt wird, während das andere mit den erwähnten Hebeln und Rädern in Verbindung steht. Diesem

sehr empfindlichen Thermometer läßt sich dann die Form einer Taschenuhr geben, deren Zeiger mit den Hebeln und Rädern in Verbindung ist und durch seine Bewegung vorwärts oder rückwärts ein Steigen oder Sinken der Temperatur anzeigt. Durch die Aenderung der Temperatur erweitert sich der Ring oder zieht sich noch weiter zusammen.

Auf eine andere Weise hat Breguet die Empfindlichkeit dieser Vorrichtung erhöht; er nimmt nämlich einen sehr langen, aus drei Metallen (Silber, Gold und Platin) zusammengesetzten Streifen, windet diesen zu einer hohlen Spirale, und befestigt sie an ihrem obern Ende, während das untere Ende einen Zeiger trägt, der sich über einem eingetheilten Kreise bewegt. Da die Dicke des Streifens noch nicht $\frac{1}{100}$ Linie beträgt, so ist die Masse desselben sehr gering, und es muß daher selbst bei sehr geringen Temperaturveränderungen augenblicklich die Weite der Wirkungen und damit auch die Stellung des Zeigers sich ändern.

Ueber die Anwendung der verschiedenen Ausdehnungen der Metalle zur Compensation ist schon §. 146 gehandelt worden.

Weil bei allen krystallinischen Körpern, welche nicht zum Würfelsysteme gehören, die Cohäsionsverhältnisse nicht nach allen Richtungen dieselben sind, so wird man nicht eine gleiche Ausdehnung nach den verschiedenen Axen erwarten dürfen; am Gyps und am Doppelspath ist diese verschiedene Ausdehnung durch den Versuch auch nachgewiesen.

§. 279. Bei der Untersuchung der Ausdehnung flüssiger Körper muß man die absolute Ausdehnung von der scheinbaren unterscheiden. Die Flüssigkeiten müssen nämlich stets in Gefäßen aufbewahrt werden, es wird also die beobachtete Veränderung in dem Volumen der Flüssigkeit durch die Ausdehnung des Gefäßes abgeändert werden.

Um die absolute Ausdehnung des Quecksilbers zu bestimmen, wandten Dulong und Petit zwei communicirende Röhren an. In einer solchen zweischenkligen, Uförmig gebogenen Röhre stehen bekanntlich gleichartige Flüssigkeiten gleich hoch (§. 52), ungleichartige aber im umgekehrten Verhältnisse ihrer specifischen Gewichte oder ihrer Dichtigkeiten. Wird die Uförmige Röhre mit Quecksilber gefüllt, und der eine Schenkel derselben durch Eis auf 0° abgekühlt, während man den andern bis auf 100° erhitzt, so wird die Dichtigkeit des Quecksilbers in dem letztern Schenkel geringer, und es muß die Quecksilberfläche in demselben höher sein, als in dem andern. Man mißt dann mit Genauigkeit die Höhe der Quecksilbersäulen. Da diese Höhen der Quecksilbersäulen im umgekehrten Verhältnisse der Dichtigkeiten stehen, diese letzteren sich aber wieder bei einer und derselben Masse umgekehrt verhalten, wie die Volumina (§. 57), so läßt sich aus den gemessenen Höhen die Ausdehnung des Volumens berechnen. Die absolute Ausdehnung des Quecksilbers für einen Temperaturunterschied von 0° bis 100° ergab sich zu $\frac{1}{55,50} = 0,018018$, also für einen Temperaturunterschied von 1 zu $\frac{1}{5550} = 0,00018018$.

§. 280. Diese absolute Ausdehnung des Quecksilbers läßt sich sehr gut benutzen, um die kubische Ausdehnung einer Glassorte zu bestimmen. Man bläst aus der zu untersuchenden Glasmasse eine Kugel oder einen Cylinder, der sich in eine enge Röhre endigt, und füllt die Kugel oder den Cylinder sammt der engen Röhre mit Quecksilber. Man wiegt zuerst das leere, und

dann auch das mit Quecksilber bei der Temperatur von 0° gänzlich angefüllte Gefäß. Der Unterschied beider Gewichte gibt das Gewicht des in dem Gefäße enthaltenen Quecksilbers. Beim Erwärmen dieser Vorrichtung z. B. bis zu 100° hat nicht alles Quecksilber in dem Gefäße wegen seiner Ausdehnung hinlänglich Raum; es fließt deßhalb ein Theil durch die obere Oeffnung der Röhre aus. (Um dieses ausfließende Quecksilber leicht auffangen, und überhaupt das Gefäß auch mit Quecksilber anfüllen zu können, ist das Ende der Röhre hakenförmig umgebogen.) Wenn sich das Glas gar nicht ausdehnte, also die Kugel oder der Cylinder sich beim Erhitzen gar nicht erweiterte, so müßte beim Erhitzen bis zu 100° genau der $\frac{1}{55,5}$ Theil des Quecksilbers ausfließen. Wiegt man aber die beim Versuche wirklich ausgeflossene Quecksilbermenge, so findet sich ihr Gewicht geringer; es hat also ein Theil des Quecksilbers noch dadurch Raum in der Kugel oder dem Cylinder erhalten, daß dieses Gefäß sich selbst ausdehnte. Dividirt man die wirklich ausgeflossene Quecksilbermenge durch die bei 100° noch in dem Gefäße zurückgebliebene, so gibt dieser Quotient die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers in der angewandten Glasmasse. Nach Versuchen von Dulong und Petit betrug z. B. die aus dem Gefäße ausgeflossene Quecksilbermasse bei einer Temperaturerhöhung von 0° bis 100° nur $\frac{1}{64,8}$ der zurückgebliebenen oder 0,015432, also weniger als die absolute Ausdehnung ergiebt. Die Differenz zwischen 0,018018 und 0,015432 ist aber durch die kubische Ausdehnung des Glases veranlaßt, und man erhält dieselbe in vorliegendem Falle = 0,018018 — 0,015432 = 0,002586. Die lineare Ausdehnung dieses Glases erhält man durch Division mit 3 zu 0,000862. Kennt man die kubische Ausdehnung einer Glassorte, und bestimmt dann die scheinbare Ausdehnung einer Flüssigkeit, so kann man aus beiden durch Addition die absolute Ausdehnung der Flüssigkeit erhalten.

Der eben beschriebene Apparat kann auch als ein Thermometer dienen (Ausflußthermometer). Weiß man durch einen Versuch, daß beim Erhitzen von 0° bis 100° grade $\frac{1}{64,8}$ des bei 100° darin enthaltenen Quecksilbers ausfließt, so wird man in einem andern Versuche, in welchem eine davon verschiedene Quecksilbermenge ausgeflossen ist, die bei diesem Ausfluß vorhandene Temperatur bestimmen können. Die Ausflußmenge wird nämlich proportional mit der Temperatur wachsen. Wiegt z. B. das bei 100° ausgeflossene Quecksilber 2 Grammen, während das im Gefäße verbliebene 129,6 Gramme wiegt, so wird eine Ausflußmenge von 1 Gramme eine Temperatur von 50° anzeigen.

In den gewöhnlichen Thermometern bewirkt nur die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers das Steigen in der Röhre. Da verschiedene Glassorten sich bei höheren Temperaturen nicht gleichförmig ausdehnen, so zeigen Thermometer, die aus verschiedenen Glassorten gefertigt sind, über 100° hinaus Unterschiede, selbst wenn sie zwischen dem Null- und Siedepunkt einen übereinstimmenden Gang besitzen.

§. 281. Füllt man Wasser anstatt des Quecksilbers in eine dem Thermometer ähnliche Glasröhre, und vergleicht den Stand dieses Wasserthermometers mit dem Stande eines guten, auf gleicher Temperatur befindlichen Quecksilberthermometers, so sinken bei fortwährender, allmähliger Erniedrigung der Temperatur beide Thermometer, wenn auch in verschiedenem

Maaße, bis das Quecksilberthermometer ungefähr 5° zeigt; dann beginnt das Wasserthermometer wieder etwas zu steigen, während das Quecksilberthermometer noch fortwährend sinkt. Es hat hienach also das Wasser ein Maximum von Dichtigkeit bei einer Temperatur, die einige Grade über dem Gefrierpunkte liegt. Da in dem vorhergehenden Versuche nur die scheinbare Ausdehnung des Wassers beobachtet wurde, so ergiebt sich durch Berechnung mit Rücksicht auf die Ausdehnung des Glases die größte Dichtigkeit des Wassers (also das kleinste Volumen der im Thermometer eingeschlossenen Wassermasse) für die Temperatur von 4°.

Auch auf eine andere Weise kann man sich noch davon überzeugen, daß das Maximum der Dichtigkeit des Wassers bei 4° liegt. Bringt man in der Seitenwand eines Gefäßes mehrere Thermometer in verschiedenen Abständen vom Boden an, füllt das Gefäß mit Wasser von 8 bis 10°, und überläßt es in einem Zimmer, das ungefähr die Temperatur 0° hat, der langsamen Abkühlung, so werden die unteren Thermometer immer eine niedrigere Temperatur zeigen, als die oberen, weil das kältere Wasser dichter ist, und folglich auf den Boden sinkt, bis das unterste Thermometer 4° zeigt; von hier an wird dann das unterste Thermometer eine höhere Temperatur zeigen, als das darüber stehende, zum Beweise, daß das Wasser von 4° specifisch schwerer oder dichter ist als Wasser von 3°, 2° und 1°.

Am genauesten erhält man die größte Dichtigkeit des Wassers durch Bestimmen der Dichtigkeit desselben nach der früher, §. 59, angegebenen Methode. Die folgende Tabelle giebt die Dichtigkeiten und die Aenderungen in dem Volumen einer Wassermenge für die Temperaturen zwischen 0° und 30°.

Volumen und Dichtigkeit des Wassers von 0° — 30°, beide bei 0° gleich 1 gesetzt.

Temp. C.	Volumen.	Dichtigkeit.	Temp. C.	Volumen.	Dichtigkeit.
0	1,000000	1,000000	15	1,000720	0,999280
1	0,999950	1,000050	16	1,000872	0,999128
2	0,999915	1,000080	17	1,001035	0,998966
3	0,999894	1,000106	18	1,001210	0,998791
3,9	0,999882	1,000118	19	1,001397	0,998605
4	0,999888	1,000112	20	1,001594	0,998408
5	0,999897	1,000103	21	1,001802	0,998201
6	0,999919	1,000081	22	1,002022	0,997928
7	0,999956	1,000044	23	1,002251	0,997754
8	1,000006	0,999994	24	1,002491	0,997515
9	1,000069	0,999931	25	1,002741	0,997267
10	1,000145	0,999855	26	1,003001	0,997008
11	1,000235	0,999765	27	1,003271	0,996740
12	1,000338	0,999662	28	1,003549	0,996463
13	1,000453	0,999547	29	1,003837	0,996178
14	1,000581	0,999419	30	1,004216	0,995802

§. 282. Viel bedeutender als die Ausdehnung der festen und flüssigen Körper ist die Ausdehnung, welche die Wärme in den gasförmigen Körpern

bewirkt. Man kann sie deßhalb auch zur Construction sehr empfindlicher Thermometer benutzen. Das Differentialthermometer von Rumford oder Leslie, Fig. 187, besteht aus zwei mit Luft gefüllten Kugeln A und B, welche durch eine enge Röhre mit einander verbunden sind. In dem untern horizontalen Theile dieser Röhre C D findet sich bei E ein Quecksilbertropfen, der die Luft der einen Kugel von der Luft der andern Kugel trennt. Wird die Luft in der Kugel A wärmer, während sie in der Kugel B ungeändert bleibt, so wird der Quecksilbertropfen sich von E nach D bewegen, umgekehrt aber von E nach C, wenn die Luft in der Kugel A sich abkühlt. Man kann auch anstatt eines Quecksilbertropfens eine gefärbte Flüssigkeit soweit einfüllen, daß sie in beiden Röhren bis F und G hinaufreicht. Beim Erwärmen der einen Kugel steigt dieselbe dann in der einen Kugel und sinkt in der andern. Bei der ersten Einrichtung findet sich eine Skale unter dem horizontalen Theile C D, bei der zweiten dagegen neben den vertikalen A C und B D.

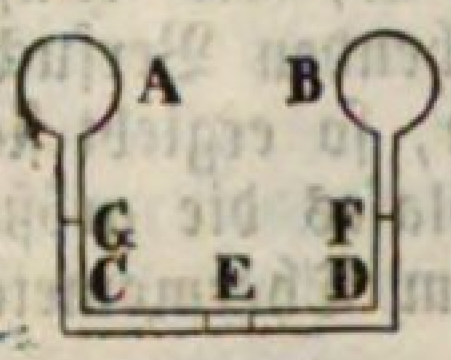


Fig. 187.

§. 283. Gay-Lussac füllte, um die Ausdehnung der Luft zu bestimmen, eine Kugel, an welche eine engere, mit einer Theilung versehene Röhre angeblasen war, mit völlig trockener Luft, und sperrte diese Luft durch einen Quecksilbertropfen gegen die äußere Atmosphäre ab. Wird die Röhre genau horizontal in einem Kasten so befestigt, daß ihr offenes Ende durch die eine Wand desselben hinausgeht, und durch eine in den Kasten eingefüllte Flüssigkeit die Kugel und die Röhre erhitzt, so muß sich die eingeschlossene Luft ausdehnen, und den Quecksilbertropfen in der Röhre nach außen schieben. Hat man vorher durch Füllen mit Quecksilber und Auswiegen den Inhalt der Kugel und der einzelnen Theilstriche der Röhre genau bestimmt, so erfährt man durch die Stellung des Quecksilbertropfens, der als Index dient, das Volumen der Luft bei 0°, wenn man zuerst den Kasten mit schmelzendem Eise gefüllt hat, und dann bei 100°, wenn man das Wasser in demselben bis zum Sieden erhitzt hat. Wenn V das Volumen der Luft bei 0°, V′ bei 100°, und δ den Ausdehnungscoefficienten der Luft für 1° bedeutet, so ist $V' = V + V\delta . 100 = V(1 + \delta . 100)$. In dem vorstehenden Versuche wurden V und V′ gemessen; man erhält also daraus $\delta = \frac{V' - V}{100 . V}$. Hiebei ist vorausgesetzt, daß während des Versuches sich der Druck der Luft (der Barometerstand) nicht ändert; hat sich dieser von einer Messung zur andern vermehrt oder vermindert, so muß das eine gemessene Volumen erst auf denselben Druck, wie das andere, reducirt werden; es verhalten sich nach §. 109 die Volumina einer und derselben Quantität Luft bei gleicher Temperatur umgekehrt wie die Drucke, oder wie die Barometerhöhen.

Bei dem angegebenen Versuche ist aber die Absperrung der innern Luft gegen die äußere durch den Quecksilbertropfen nicht vollständig, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man nach der Erhitzung die Kugel wieder mit schmelzendem Eise umgiebt. Ist die Absperrung vollständig gewesen, so muß der Quecksilbertropfen sich genau auf den ersten Stand zurückziehen. Dieß geschieht aber meist nicht genau; es hat also die Luft zwischen dem Quecksilber und dem Glase einen, wenn auch sehr geringen Ausweg gefunden. Besser ist es daher, daß man nach Rudberg eine mit einer engen Röhre versehene Kugel mit völlig trockener Luft füllt, diese Kugel dann in

einem ähnlichen Apparat, wie er Fig. 3 abgebildet ist, im Dampfe des siedenden Wassers erhitzt, und wenn man überzeugt ist, daß die Luft in der Kugel und der Röhre genau die Temperatur des Wasserdampfes angenommen hat, die enge Röhre oben an der Spitze durch die Löthrohrflamme zuschmilzt. Nach dem Erkalten taucht man die Spitze der Röhre in ein Gefäß mit Quecksilber, und kühlt die Kugel durch aufgelegtes Eis genau bis zu 0^0 ab. Dann bricht man unter dem Quecksilber die äußerste Spitze der Röhre ab, so daß ein Theil Quecksilber in die Kugel aufsteigen kann, um den Raum der ausgetriebenen Luft auszufüllen.

Gesetzt, man könnte die Kugel mit der Röhre so tief in das Quecksilbergefäß eintauchen, daß das Quecksilber in der Kugel mit dem Quecksilber im Gefäße in gleichem Niveau stände, so würde, wenn der Barometerstand auch unverändert geblieben wäre, genau so viel Quecksilber eingetreten sein, als Luft beim Erhitzen entwichen ist. Wäre v das Volumen des in die Röhre eingetretenen Quecksilbers, und V das Volumen der in der Kugel zurückgebliebenen Luft, beide gemessen bei 0^0, so würde eben dieses Volumen V sich durch die Erhitzung bis zu 100^0 ausgedehnt haben auf das Volumen $V + v$ (die Luft nahm ja beim Erhitzen die ganze Kugel und Röhre ein); es wäre also $V + v = V + V\delta . 100$, wenn δ die Ausdehnung der Luft für 1^0 bezeichnet, oder wenn man auf beiden Seiten V aufhebt, $v = 100 . \delta . V$, und $\delta = \frac{v}{100 . V}$.

Um die Werthe v und V zu bestimmen, verklebt man die durch das Abbrechen der Spitze entstandene Oeffnung der engen Röhre noch unter dem Quecksilber durch etwas Wachs, während die Luft in der Kugel genau auf 0^0 erhalten wird. Hebt man dann die Kugel mit der Röhre aus dem Quecksilber heraus, und wiegt das in der Kugel befindliche Quecksilber, so läßt sich aus seinem Gewichte das Volumen v berechnen. (Nach §. 57 ist $P = V S$, also wird $V = \frac{P}{S}$, d. h. man erhält das Volumen, wenn man das absolute Gewicht durch das specifische Gewicht dividirt.) Füllt man darauf das ganze Gefäß mit Quecksilber, so erhält man durch das Gewicht desselben das Volumen der Kugel sammt der Röhre; zieht man von diesem ganzen Volumen v ab, so bleibt V übrig. Man braucht übrigens die Volumina auch gar nicht zu berechnen, sondern kann, da sich bei einem und demselben Körper die Volumina verhalten, wie die Gewichte, an die Stelle der Volumina gleich die Gewichte setzen.

Bei dieser Berechnung ist aber nicht darauf Rücksicht genommen, daß das Volumen der Kugel bei 100^0 ein anderes ist, als bei 0^0, und daß die bei 100^0 noch zurückgebliebene Luft dieses etwas größere Volumen gehabt hat. Um dasselbe zu bestimmen, muß man den Ausdehnungscoefficienten des Glases wissen; ist dieser Werth nicht bekannt, so kann man ihn gleich auf die früher angegebene Weise erhalten, indem man die mit Quecksilber gefüllte Kugel und Röhre erhitzt, und das Verhältniß des ausgeflossenen Quecksilbers zu dem zurückgebliebenen bestimmt. Da die absolute Ausdehnung des Quecksilbers bekannt ist, so läßt sich auf die oben §. 280 angegebene Weise die Ausdehnung des Glases finden. — Man wird bei dem beschriebenen Versuche das Quecksilber in der Kugel nicht mit dem Quecksilber im Gefäße in's Niveau bringen können, weil man in der mit Eis bedeckten Kugel das Quecksilber nicht sehen kann; man wird also nur einen Theil der Röhre unter das Quecksilber tauchen, und dann in der Rechnung darauf Rücksicht nehmen, daß

die Luft in der Kugel nicht unter dem Drucke der Atmosphäre steht, sondern unter dem Drucke einer Atmosphäre, weniger dem Drucke einer Quecksilbersäule, welche den Abstand der Oberfläche des Quecksilbers in der Kugel von der Oberfläche desselben im Gefäße zu ihrer Höhe hat.

§. 284. Rudberg hat dann noch ein zweites Verfahren angewendet, welches darauf hinausläuft, eine bei 0^0 unter einem bestimmten Drucke in einem Glasgefäße durch Quecksilber abgesperrte Menge Luft bis 100^0 zu erhitzen, und dieselbe durch Vermehrung des Druckes (durch eine Quecksilbersäule) wieder so weit zusammen zu pressen, daß sie genau das Volumen von 0^0 wieder einnimmt. Wird die Ausdehnung des Glasgefäßes, die Höhe der Quecksilbersäule und die Temperatur genau gemessen, so bietet dieser Versuch ebenfalls ein Mittel dar, die Ausdehnung der Luft zu bestimmen; man braucht nur zu berechnen, wie groß das Volumen der Luft bei 100^0 sein würde, wenn man den vergrößerten Druck auf den bei der Abschließung der Luft stattfindenden reducirte. Der Unterschied zwischen diesen beiden, unter gleichem Drucke befindlichen Volumen bei 0^0 und bei 100^0, dividirt durch das Volumen bei 0^0 giebt dann den Ausdehnungscoefficienten für eine Aenderung der Temperatur von 0^0 bis 100^0.

Rudberg, Magnus und Regnault haben nach den angeführten Methoden die Ausdehnung der Luft für eine Aenderung der Temperatur von 100^0 erhalten zu 0,3665, oder sehr nahe $\frac{11}{30}$. Der Ausdehnungscoefficient für 1^0 ist also 0,003665 oder $\frac{11}{3000}$. Gay-Lassac hatte früher denselben 0,00375 gefunden. Nach Gay-Lassac's Versuchen sollte derselbe auch für alle Gase gleich groß sein, was indeß die Versuche von Magnus und Regnault nicht völlig bestätigt haben. Für Wasserstoff ist derselbe für eine Temperaturzunahme von 100^0 0,36566, für Kohlensäure 0,36909, und für schwefelige Säure 0,38562, es wird also der Ausdehnungscoefficient für solche Gasarten, welche sich durch Druck zu einer Flüssigkeit verdichten lassen, größer, als wie er für die atmosphärische Luft ist.

§. 285. Wenn man das Volumen der Luft bei 0^0 mit V, bei t^0 aber mit V′ bezeichnet, so ist $V' = V + 0{,}003665 \,.\, V = V\,(1 + 0{,}003665\ t)$. Ist V und t gegeben, so läßt sich V′ berechnen; ebenso läßt sich aber, wenn V′ und t gegeben sind, V berechnen, und selbst t berechnen, wenn V und V′ bekannt sind. Nachdem der Ausdehnungscoefficient für die atmosphärische Luft jetzt bekannt ist, kann man also den §. 283 beschriebenen Apparat auch umgekehrt als Thermometer gebrauchen; man bringt die Glaskugel mit der Röhre an die Stelle, deren Temperatur bestimmt werden soll, und verfährt gerade wie früher, bestimmt die beiden Volumina V und V′, und berechnet daraus die Temperatur t. Dieses Verfahren wird häufig zur genauen Messung von hohen Temperaturen angewendet; natürlich muß dabei auf die oben erwähnten Correctionen noch Rücksicht genommen werden.

Man nimmt an, daß die Luft sich bei höheren Temperaturen genau ebenso ausdehnt, als bei niederen; bei flüssigen und festen Körpern findet dieß nicht statt, wie man durch die Vergleichung mit einem mit Luft gefüllten Thermometer (Luftthermometer) erfährt. Vergleicht man den Gang eines Quecksilberthermometers mit einem Luftthermometer über 100^0 hinaus, so zeigt das Quecksilberthermometer stets einen etwas höhern Grad, als das Luftthermometer; wenn das erstere 200^0 und 300^0 zeigt, giebt das letztere

(das Luftthermometer) respective nur 198° und 294,5°. Um höhere Temperaturen zu messen, kann man sich überhaupt nur eines Luftthermometers bedienen, weil das Quecksilber bei Temperaturen über 400° in's Sieden kommen würde, und auch selbst von 360° an die Ausdehnung nicht mehr gleichmäßig zunimmt.

§. 286. Handelt es sich um die Bestimmung der Dichtigkeit der verschiedenen Gasarten, so muß gleich sorgfältig der Druck, unter welchem sie sich befinden (der Barometerstand) und die Temperatur bestimmt werden, um bei der Vergleichung der Gewichte die Volumina stets auf gleichen Druck und gleiche Temperatur reduciren zu können. Man bestimmt die Dichtigkeit der Gasarten nämlich einfach auf die Weise, daß man einen großen Glasballon erst mit atmosphärischer Luft füllt und wiegt, und dann ebenso nach der Füllung mit der gegebenen Gasart verfährt. Die Gewichte gleicher Volumina verhalten sich nach §. 57, wie die Dichtigkeiten; dividirt man also das Gewicht des Gases durch das Gewicht des gleichen Volumens Luft (natürlich gleichen Druck und gleiche Wärme vorausgesetzt), so gibt der Quotient die Dichtigkeit des Gases.

Will man das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft (und ebenso der anderen Gase) berechnen, so muß der Inhalt des Ballons durch Ausfüllen mit Wasser und Abwägen bestimmt werden; man erhält dann das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft, indem man das absolute Gewicht der in dem Ballon enthaltenen Luft durch das Volumen dividirt (§. 57). Ein Cubikcentimeter Luft wiegt bei 0° und 28 Zoll Barometerstand nahe 0,0013 Grammen. Die Dichtigkeit der Luft ist unter dem eben angegebenen Verhältnisse also 770 Mal geringer, als die Dichtigkeit des Wassers.

§. 287. Wenn ein Körper sich erwärmt, so gebraucht er ein bestimmtes Quantum Wärme, damit seine Temperatur um 1° steige, und dieses nämliche Quantum muß er auch wieder ausgeben, wenn seine Temperatur sich um 1° erniedrigt. Bei verschiedenen Substanzen von gleich großem Gewichte ist dieses Quantum sehr verschieden. Dasjenige Quantum, welches ein Körper von der Masse 1 gebraucht, damit seine Temperatur gerade um 1° steige, nennt man die *specifische Wärme* desselben. Die Verhältnisse der specifischen Wärme bezeichnet man mit dem Namen der *Wärmecapacitäten*, und man setzt dabei die Wärmecapacität des Wassers gewöhnlich = 1.

Ist die specifische Wärme eines Körpers bekannt, so läßt sich, wenn Temperatur und Masse desselben gegeben sind, das Quantum Wärme berechnen, das nöthig gewesen ist, um seine Temperatur auf den gegebenen Grad von 0° aus zu erhöhen oder zu erniedrigen. Bedeutet M die Masse, S die specifische Wärme und T die Temperatur (Anzahl der Thermometergrade) eines Körpers, so würde derselbe bei seiner Erwärmung von 0° aus, wenn er nur die Masse 1 und die Temperatur 1° hätte, gerade die Wärmemenge S aufgenommen haben; da seine Masse aber M Mal größer als 1 ist, so nimmt diese Masse M, wenn ihre Temperatur um 1° steigt, die Wärmemenge M S auf, und wenn ihre Wärme um T° steigt, offenbar die Wärmemenge M S T. Haben für einen zweiten Körper m, s, t dieselben Bedeutungen, so ist die Wärmemenge, welche derselbe gebraucht hat, um von 0° aus seine Temperatur um t° zu erhöhen, m s t. Wenn der Körper nicht über 0° erwärmt, sondern unter 0° abgekühlt ist, so gibt M S T diejenige Wärmemenge an, welche der Körper bei der Abkühlung von 0° und bis zu dieser Temperatur verloren hat.

Es ist aber nöthig, erst ein Maaß für die Wärme festzusetzen. Am einfachsten ist es, diejenige Wärmemenge als Einheit anzusehen, welche die Gewichtseinheit (z. B. 1 Pfund oder 1 Kilogramm) Wasser gebraucht, um seine Temperatur um 1° zu erhöhen, d. h. die specifische Wärme des Wassers. Bei dieser Bestimmung fallen dann die Werthe für die specifischen Wärmen und die Wärmecapacitäten zusammen, da sie beide für das Wasser = 1 sind.

§. 288. Um die specifische Wärme der Körper zu bestimmen, sind besonders drei Methoden angewandt worden. Die Mischungsmethode, welche als die beste in der letzten Zeit von Regnault zu einer ausführlichen Arbeit über die specifische Wärme der Körper angewandt wurde, besteht darin, den gegebenen und genau gewogenen Körper bis zu einer genau gemessenen Temperatur zu erhitzen, und dann, wenn man sicher ist, daß alle Theile diesen Wärmegrad angenommen haben, in ein Gefäß zu werfen, das eine gemessene Quantität Wasser von vorher sorgfältig bestimmter Temperatur enthält. Der erhitzte Körper gibt dann an das Wasser so viel Wärme ab, bis beide einen gleichen Wärmegrad zeigen, den man wieder genau mißt. Bedeutet M die Masse des zu untersuchenden Körpers, S seine specifische Wärme, und T die Temperatur, auf welche er erhitzt ist, so ist die Wärmemenge, welche er enthält, §. 287, $= M\,S\,T$; bedeutet m die Masse des Wassers, s seine specifische Wärme (die also = 1 ist) und t seine Temperatur vor dem Hineinwerfen des erhitzten Körpers, so ist seine Wärmemenge $= m\,s\,t$. Es sei ferner, nachdem der erhitzte Körper in das Wasser eingetaucht wurde, der gemeinschaftliche Wärmegrad des Körpers und des Wassers $= \tau$, so hat der Körper noch die Wärmemenge $M\,S\,\tau$ und das Wasser besitzt die Wärmemenge $m\,s\,\tau$. Der Körper hat demnach durch die Mischung mit dem Wasser die Wärmemenge $M\,S\,T - M\,S\,\tau = MS\,(T - \tau)$ verloren, das Wasser dagegen die Wärmemenge $ms\tau - mst = m\,s\,(\tau - t)$ gewonnen. Da nun jener Verlust diesem Gewinne gleich sein muß, weil die verlorene Wärme des Körpers eben an das Wasser abgegeben wurde, so ist $M\,S\,(T - \tau) = m\,s\,(\tau - t)$. Hieraus erhält man $S = \frac{m\,s\,(\tau - t)}{M\,(T - \tau)}$ oder $= \frac{m\,(\tau - t)}{M\,(T - \tau)}$, weil $s = 1$ ist.

§. 289. Laplace und Lavoisier bestimmten die specifische Wärme der Körper mit Hilfe des sogenannten Calorimeters. Ihre Methode gründet sich darauf, daß Eis von 0° eine ganz bestimmte Wärmemenge braucht, um zu schmelzen, d. h. um Wasser ebenfalls von 0° zu werden (s. §. 295). Bringt man einen bis zu einer genau gemessenen Temperatur erhitzten Körper E F, Fig. 188, dessen specifische Wärme bestimmt werden soll, zwischen zerstoßenes, in dem Blechgefäße A B enthaltenes Eis von 0°, so wird derselbe seine Wärme, die er über 0° besitzt, an das Eis abgeben, und dadurch eine gewisse Quantität desselben schmelzen. Aus der Quantität des durch die Schmelzung entstandenen und durch die Röhre B G ausgeflossenen Wassers wird die Wärmemenge, welche der Körper abgegeben hat, berechnet. Um nun den Zutritt der äußern Luftwärme zu dem im Gefäße A B enthaltenen Eise zu verhindern, umgibt man das Gefäß A B ringsum mit einem etwas weitern Blechgefäße C D, in welchem ebenfalls gestoßenes Eis sich befindet. Oben wird jedes Gefäß mit einem Deckel verschlossen und der Zwischenraum ebenfalls mit Eis

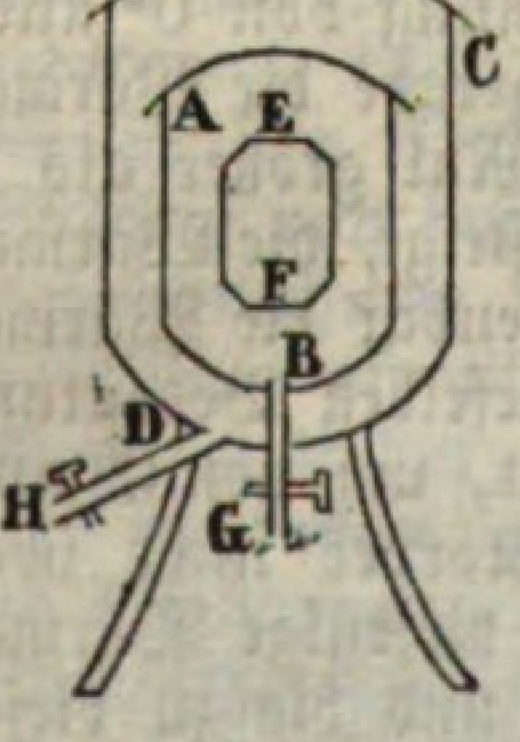


Fig. 188.

ausgefüllt; das Gefäß C D hat unten noch eine zum Abfluß des durch die Schmelzung entstandenen Wassers dienende Röhre D H. Wenn der Körper E F die Masse M, die specifische Wärme S hat, und bis zu der Temperatur T erhitzt ist, so besitzt er die Wärmemenge M S T; diese gibt er an das Eis ab, das dadurch in Wasser von 0^0 verwandelt wird und zur Oeffnung B G ausfließt; bestimmt man die Masse des geschmolzenen Eises (des ausgeflossenen Wassers), und beträgt dieselbe m, so ist die zur Schmelzung verbrauchte Menge Wärme 79,25 . m, weil nach §. 295 eine Masse Eis = 1, also z. B. 1 Pfd. so viel Wärme zum Schmelzen gebraucht, als 79,25 Pfd. Wasser, um ihre Temperatur von 0^0 auf 1^0 zu erhöhen. Es muß deßhalb $M\,S\,T = 79{,}25\,.\,m$ sein, oder $S = \frac{79{,}25\,.\,m}{M\,T}$. Diese Methode wird aber durch folgenden Umstand ungenau. Das zerstoßene Eis im Gefäße A D muß beim Anfang des Versuches auf der Temperatur 0^0 sein, und zugleich so viel Wasser enthalten, als es in seinen Zwischenräumen durch Adhäsion zurückhalten kann. Nach dem Schmelzen der Eismenge m wird aber diese poröse Eismasse kleiner geworden sein, und nicht mehr genau so viel Wasser zurückhalten als vorher; hiedurch wird offenbar die ausgeflossene Wassermenge verändert, und die Bestimmung der specifischen Wärme ungenau.

§. 290. Dulong und Petit wandten eine von den beiden vorhergehenden ganz verschiedene Methode an. Sie brachten die Kugel eines Thermometers in ein kleines Gefäß aus dünnem Silberblech, und füllten den Raum zwischen beiden durch das Pulver des Körpers aus, dessen specifische Wärme bestimmt werden sollte. Sie hingen dann dieses silberne Gefäß, nachdem es nebst seinem Inhalt erwärmt worden war, in der Mitte eines größern bleiernen Gefäßes an feinen Fäden so auf, daß die mit einer Skale versehene Röhre des Thermometers durch eine oben in den Deckel angebrachte Hülse luftdicht hindurchging und nach außen hervorragte. Die ganze Vorrichtung wurde darauf in ein größeres Gefäß mit Wasser, dessen Temperatur constant blieb, eingesetzt. Das bleierne Gefäß war nach außen völlig luftdicht geschlossen, und wurde mittelst der Luftpumpe luftleer gemacht. Die in dem silbernen Gefäße und dem Pulver des Körpers und der Kugel des Thermometers vorhandene Wärme konnte folglich nur durch Ausstrahlung aus der Silberhülle sich verlieren, und die Wände des bleiernen Gefäßes verschluckten die durch den leeren Raum auf sie fallenden Wärmestrahlen stets gleichmäßig, weil sie außen durch das Wasser auf constanter Temperatur erhalten wurden. Werden nun verschiedene Körper in die Silberhülle gebracht, so wird das im Innern derselben angebrachte Thermometer um so langsamer sinken, je größer die specifische Wärme des Körpers ist (also je mehr Wärme er bei gleichen Temperaturgraden enthält), weil der Weg, auf welchem die Wärme entweicht, immer derselbe ist. Dulong und Petit beobachteten deßhalb genau die Zeiten, in welchen das Thermometer von einer Temperatur, welche 10^0 über die Temperatur des größern Wassergefäßes lag, herabsank, bis zu einer Temperatur, welche nur 5^0 über derselben lag. Aus diesen gemessenen Zeiten berechneten sie dann die specifische Wärme der untersuchten Substanz.

§. 291. Soll die specifische Wärme flüssiger Körper bestimmt werden, so schließt man sie in ein Gefäß ein, dessen specifische Wärme und Gewicht vorher genau bestimmt wird, und berechnet dann aus dem auf eine der vorhergehenden Arten angestellten Versuche mit Berücksichtigung der Wärme des Gefäßes die specifische Wärme der Flüssigkeit.

Für die Bestimmung der specifischen Wärme gasförmiger Körper ist keine der angegebenen Methoden brauchbar; de la Roche und Berard haben sie so bestimmt, daß sie die Gase zu einer bestimmten Temperatur erhitzten, und dann durch ein im Wasser liegendes spiralförmiges Rohr (ein kleines in einem Kühlgefäße befindliches Schlangenrohr), so lange leiteten, bis das Wasser eine constante Temperatur zeigte, also durch die in dem Rohre circulirenden Gasarten eben so viel Wärme empfing, als es nach außen durch Abkühlung verlor. — Bei diesen Versuchen behielt das Gas immer einen bestimmten Druck, indem man ihm gestattete, sich bei der Erhöhung der Temperatur auszudehnen. Die so gefundene specifische Wärme eines Gases gibt also diejenige Wärmemenge an, welche die Masseneinheit desselben gebraucht, wenn sie unter Ausdehnung ihres Volumens und unter Erhaltung eines gleichen Druckes ihre Temperatur um 1° erhöhen soll.

Man kann aber auch bestimmen, welche Wärmemenge dieselbe Masse gebraucht, wenn sie, ohne ihr Volumen zu vergrößern, folglich unter Vermehrung des Druckes sich um 1° erwärmen soll. Die letztere Bestimmung gibt die specifische Wärme eines Gases bei constantem Volumen und veränderlichem Drucke, die frühere dagegen bei constantem Drucke und bei veränderlichem Volumen. Die specifische Wärme bei constantem Drucke und verändertem Volumen muß stets größer sein, als die bei constantem Volumen und verändertem Drucke.

Specifische Wärme der einfachen festen Körper nach Regnault.

	Specifische Wärme nach Regnault.	Atomgewichte.	Producte aus der specifischen Wärme in das Atomgewicht.
Eisen	0,11379	350,0	39,83
Zink	0,09555	406,6	39,21
Kupfer	0,09515	396,6	37,73
Kadmium	0,05669	696,7	39,49
Silber	0,05701	675,0	38,48
Arsen.	0,08140	468,7	38,15
Blei	0,03140	1294,6	40,65
Wismuth	0,03084	1330,4	41,03
Antimon	0,05077	806,4	40,94
Zinn	0,05623	735,3	41,35
Nickel.	0,10863	369,3	40,11
Kobalt	0,10696	368,6	39,42
Platin (gewalzt) . .	0,03243	1232,0	39,95
Platin (Schwamm) .	0,03293	1232,0	40,57
Palladium	0,05927	665,4	39,44
Gold	0,03244	1229,2	39,88
Schwefel.	0,20259	200,0	40,52
Selen	0,0837	495,3	41,46
Tellur	0,05155	801,8	41,33
Jod	0,05412	793,0	42,92

Beim Silber ist nur die Hälfte des gewöhnlich angenommenen Atomgewichts 1350 gesetzt.

Specifische Wärme der Gasarten bei gleichem Volumen für atmosphärische Luft als Einheit.

Luft	1,0000	Kohlenoxyd . .	1,0340
Sauerstoff . .	0,9765	Stickstoffoxydul.	1,3503
Wasserstoff . .	0,9033	Kohlensäure. .	1,2585
Stickstoff . .	1,0000	Oelbildendes Gas	1,5530

§. 292. Aus den Versuchen, welche Dulong und Petit nach der weiter oben beschriebenen Abkühlungsmethode angestellt hatten, leiteten sie das merkwürdige Resultat ab, daß das Product aus der specifischen Wärme und dem Atomgewichte der einfachen Stoffe eine constante Größe ist, oder was dasselbe heißt, daß die specifischen Wärmen der einfachen Stoffe sich umgekehrt wie ihre Atomgewichte verhalten. Bedeuten S und s die specifischen Wärmen zweier solcher Körper, A und a ihre Atomgewichte, und C eine constante Größe, so ist nach dem eben ausgesprochenen Gesetze $SA = C$ und $sa = C$, folglich $SA = sa$ oder auch $S : s = a : A$. Dasselbe Gesetz läßt sich auch noch so aussprechen: Diejenigen Gewichtsmengen zweier einfacher Stoffe, welche sich verhalten wie ihre Atomgewichte, besitzen, wenn sie bis zu einem und demselben Temperaturgrade erhitzt werden, gleiche Wärmemengen. Regnault's Versuche haben, wie sich aus vorstehender Tabelle ergibt, das Gesetz im Allgemeinen bestätigt.

Bei einer genauern Betrachtung der in der letzten Spalte der vorstehenden Tabelle befindlichen Zahlen zeigt sich jedoch, daß die Producte aus den specifischen Wärmen und den Atomgewichten nur annähernd eine constante Zahl bilden. Die Abweichungen dieser Producte von einander sind zu bedeutend, als daß sie Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden könnten. Der Grund dieser Abweichungen liegt darin, daß in den festen und flüssigen Körpern die Cohäsionsverhältnisse einen Einfluß äußern, der sich auch in Regnault's Versuchen über die specifische Wärme der Kohle entschieden herausstellte, indem die specifische Wärme derselben um so geringer war, je dichter die Kohle war; während sie für die thierische Kohle 0,26085 betrug, war sie für den Diamant 0,14687; für Holzkohle, Steinkohle, Graphit lag sie zwischen beiden Werthen. Auch Metalle, welche durch Hämmern dichter werden, erleiden dadurch eine Verringerung in ihren specifischen Wärmen. Die specifischen Wärmen vergrößern sich ferner noch bei höheren Temperaturen. Da nun die Aenderung der Dichtigkeit eines Stoffes oder die Erhitzung desselben auf das Atomgewicht keinen Einfluß hat, so kann das Product aus der specifischen Wärme und dem Atomgewichte keine constante Zahl sein, sondern muß sich innerhalb gewisser Grenzen selbst für eine und dieselbe Substanz verändern. Bei den Gasarten, wo diese Cohäsionsverhältnisse nicht eintreten, wird daher auch das Gesetz, daß die specifischen Wärmen der einfachen Gase bei gleichen Gewichtsmengen sich umgekehrt verhalten, wie ihre Atomgewichte (oder Dichtigkeiten), streng richtig sein.

Bestimmt man die specifischen Wärmen für die zusammengesetzten Körper, Oxyde, Chloride, Schwefelmetalle, Salze u. s. w., so findet sich, daß das Product aus denselben mit den Atomgewichten bei allen denjenigen Körpern, welche eine analoge Zusammensetzung haben, eine nahe constante Größe ist; diese constante Größe ändert sich aber von einer Gruppe zu einer andern. Während für einfache Stoffe diese constante Größe in obiger Tabelle ungefähr 39 war, ist sie für die Oxyde, in welchen 1 Atom Metall mit 1 Atom

Sauerstoff verbunden ist 72, für die Oxyde, in welchen 2 Atome des Metalles mit 3 Atomen Sauerstoff verbunden sind 170 u. s. w. — Das §. 107 erwähnte plötzliche Erglühen gewisser Substanzen hat wahrscheinlich in einer sprungsweisen Abnahme ihrer specifischen Wärme, bei welcher ihre Cohäsionsverhältnisse sich ändern, seinen Grund.

§. 293. Wenn ein fester Körper erhitzt wird, so tritt wenigstens in den meisten Fällen ein Temperaturgrad ein, bei welchem derselbe flüssig wird (schmilzt). Bei genauerer Untersuchung zeigt sich nun, daß die Masse während des Schmelzens eine unveränderliche Temperatur zeigt, obgleich ihr von außen noch fortwährend Wärme zugeführt wird, und daß erst, nachdem alle festen Theile geschmolzen sind, die Temperatur wieder zu steigen anfängt. Schon hieraus läßt sich schließen, daß die Wärme, welche während des Schmelzens in den Körper eindringt, und zur Temperaturerhöhung Nichts beiträgt, verwendet werde zur Schmelzung des festen Körpers. Man nennt diese Wärmemenge, welche ein fester Körper zum Flüssigwerden nöthig hat, die latente oder gebundene Wärme der Flüssigkeit. Wird der flüssige Körper wieder fest, so muß er diese latente Wärme zuvor wieder abgeben.

Die Temperaturgrade, bei welchen die Körper flüssig werden, sind sehr verschieden; Quecksilber schmilzt schon bei 39°, Eis bei 0°, Wallrath bei 49°, weißes Wachs bei 68°, Schwefel bei 109°, Zinn bei 230°, Wismuth bei 256°, Blei bei 334°, Zink bei 360°, Antimon bei 432°, Silber bei 1000°, Gold bei 1250°, Eisen bei 1600°. Die Legirungen schmelzen leichter, als man nach ihrer Zusammensetzung erwarten sollte; oft liegt ihr Schmelzpunkt sogar niedriger, als der Schmelzpunkt des leichtflüssigsten unter ihnen. Eine Legirung aus 2 Theilen Wismuth, 1 Theil Blei und 1 Theil Zinn schmilzt schon unter der Siedehitze des Wassers bei 94°; setzt man zu dieser Legirung noch etwas Quecksilber hinzu, so kann man sich eine Metalllegirung verschaffen, die bei einer beliebigen Temperatur unterhalb des Siedepunktes flüssig wird.

§. 294. So wie die Temperatur eines Körpers während des Schmelzens sich nicht steigert, weil die zugeführte Wärme als latente Wärme zum Schmelzen verbraucht wird, so wird auch die Temperatur desselben während des Festwerdens (Erstarrens, Krystallisirens) nicht sinken, wenn auch nach außen fortwährend Wärme abgegeben wird, weil dieselbe durch die beim Erstarren freiwerdende Wärme wieder ersetzt wird. Auch wenn sich aus einer flüssigen Mischung verschiedener Körper nur ein Theil ausscheidet, muß während dieser Ausscheidung die Temperatur constant bleiben. So beobachtete Rudberg den Stand eines in eine geschmolzene Legirung aus Zinn und Blei eingetauchten Thermometers, und bemerkte während der Erkaltung dieser Masse, daß das Thermometer auf einem bestimmten Punkte eine Zeitlang stehen blieb, ohne daß die ganze Masse erstarrte, daß es dann wieder tiefer sank, bis es nach einiger Zeit, als die ganze Masse zu erstarren begann, zum zweiten Male bei 187° stationär wurde. Dieser letzte Punkt, auf welchem das Thermometer beim Erstarren der ganzen Masse stehen blieb, war stets derselbe 187°, in welchem Verhältnisse die Metalle auch gemischt waren, während der erste sich veränderte, indem er mit der Vermehrung des vorherrschenden Metalles höher wurde, und umgekehrt; für eine Legirung aus 3 Atomen Blei und 1 Atom Zinn lag er bei 280°, für eine Legirung aus 1 Atom Blei und 2 Atome Zinn bei 200°, eine Legirung auf 1 Atom Blei und 3 Atomen Zinn zeigte ihn ganz und gar nicht und gab nur den constanten Erstarrungspunkt von 187° (der veränderliche Erstarrungspunkt

fiel also mit dem constanten zusammen). Bei größerm Zusatze von Zinn stieg der veränderliche Erstarrungspunkt wieder.

Das Freiwerden der latenten Wärme beim Krystallisiren der Salze ist schon §. 107 erwähnt. Ebenso läßt sich auch Wasser, wenn es ruhig und besonders in luftleerem Raume steht, bis auf — 12° erkalten, ohne daß es erstarrt. Beim Erschüttern gefriert die ganze Masse plötzlich, und ein in dieselbe eingetauchtes Thermometer zeigt, daß die Temperatur wieder bis auf 0° gestiegen ist.

§. 295. Um die latente Wärme des Wassers zu finden, mischt man Eis von 0° mit einer zum Schmelzen desselben hinreichenden Quantität Wasser. Mischt man genau 1 Pfund Eis von 0° mit 1 Pfund Wasser von 79,25°, so erhält man nach der Mischung 2 Pfund Wasser von 0°. Es ist also zum Schmelzen des Eises eben so viel Wärme erforderlich gewesen, als dieselbe Masse Wasser zu einer Erhitzung von 0° bis auf 79,25° bedarf. Die früher (§. 287) festgesetzte Wärmeeinheit ist diejenige, welche die Wassermasse 1 gebraucht, um ihre Temperatur um 1° zu erhöhen; eine Eismasse 1 gebraucht also zum Schmelzen 79,25 solcher Wärmeeinheiten. Auf dieselbe Weise ausgedrückt, nach welcher die latente Wärme des Wassers = 79,25 ist, ist die des flüssigen Schwefels 80, des Bleies 90, des Wachses 97, des Zinkes 274, des Zinnes 278 und des Wismuths 305. Um also 1 Pfund Zinn zu schmelzen, braucht man 278 der festgesetzten Wärmeeinheiten.

§. 296. Da bei dem Uebergange des festen Zustandes in den flüssigen stets Wärme gebunden wird, so muß auch, wenn ein Körper durch Auflösen in einem flüssigen seinen festen Zustand verliert, Wärme gebunden werden, und folglich, wenn von außen kein Ersatz statt findet, Kälte entstehen. Die Menge der bei einer Auflösung gebundenen Wärme kann aber dadurch noch Veränderungen erleiden, daß in Folge einer chemischen Verbindung die specifische Wärme der Auflösung eine andere ist, als sich aus der bloßen Zusammenstellung der specifischen Wärme des festen Körpers und des Lösungsmittels ergibt.

Manche Körper erzeugen aus dem angeführten Grunde bei ihrer Auflösung in gewissen Flüssigkeiten eine bedeutende Erniedrigung der Temperatur. Die bekanntesten dieser Kältemischungen sind folgende: 1 Gewichtstheil verdünnte Schwefelsäure und 1 Theil Schnee erniedrigt die Temperatur von — 7° bis — 51°; 3 Theile wasserhaltiges Chlorcalcium und 1 Theil Schnee von 0° bis 28°; 1 Theil Kochsalz und 3 Theil Schnee von 0° — 17,7°; 5 Theile Salmiak, 5 Theile Salpeter, 19 Theile Wasser von + 10° bis — 12°, gepulvertes Glaubersalz mit Salzsäure übergossen von + 10° bis — 17°; 1 Theil Schwefelcyankalium und 1 Theil Wasser von 18° bis auf — 21°.

Umgekehrt muß natürlich auch, wenn ein Körper sich aus einer Flüssigkeit ausscheidet, die latente Wärme wieder frei werden. Dieß zeigt sich z. B. sehr deutlich bei der §. 107 erwähnten Krystallisation des schwefelsauren Natrons.

§. 297. Werden die Flüssigkeiten, z. B. das Wasser, noch weiter erhitzt, so tritt bei einer bestimmten Temperatur (beim Wasser bei 100°) eine neue Veränderung des Zustandes ein; der flüssige Körper geht in den gasförmigen über. Hiebei wird wiederum eine neue Quantität Wärme gebunden oder latent gemacht. Wenn das Wasser in einem offenen Gefäße an der Luft bei 100° siedet (sich in Dämpfe verwandelt), so erhöht eine fortwährende Erhitzung des Wassers die Temperatur desselben nicht im geringsten; alle zugeführte Wärme entweicht mit dem gasförmigen Wasser (dem Wasserdampfe), das aber auch gerade nur die Temperatur von 100° besitzt, also

nur eben so warm ist, als das noch flüssige Wasser. Wie sich Eis von 0° vom Wasser von 0° durch die in letzterm enthaltene latente Wärme unterscheidet, so unterscheidet sich das siedende Wasser von 100° von dem aus ihm sich entwickelnden Dampfe von 100° durch die in dem letzten enthaltene latente Wärme. Die Wärmemenge, welche bei dem Uebergange des flüssigen Wassers in den Dampfzustand latent wird, ist bedeutend größer als diejenige, welche beim Schmelzen des Eises latent wird.

Wenn der gasförmige Körper wieder in den flüssigen Zustand zurückkehrt, so muß er seine latente Wärme wieder abgeben, ebenso wie der flüssige Körper beim Uebergange in den festen die seinige verlor.

§. 298. Um die latente Wärme, z. B. des Wassers, zu bestimmen, erhitzt man in einer Retorte Wasser zum Sieden, und leitet die sich entwickelnden Dämpfe in ein kupfernes, eine genau gewogene Quantität Wasser von bestimmter Temperatur enthaltendes Gefäß. Die Dämpfe geben in der Berührung mit dem kältern Wasser ihre latente Wärme ab, schlagen sich nieder, und erwärmen das kältere Wasser bis zu einem bestimmten Grade. Hat man genau durch Abwägen die Menge des aus der Retorte verdampften, und die Menge des zum Niederschlagen der Dämpfe verwendeten Wassers, ferner die Temperatur der Dämpfe, und des Wassers vor und nach dem Niederschlage, bestimmt, so läßt sich aus diesen Angaben (mit Berücksichtigung der Masse des kupfernen, das Kühlwasser enthaltenden Gefäßes) ein Werth für die latente Wärme des Wasserdampfes ableiten. Aus solchen Versuchen hat sich dieselbe zu 540 ergeben, d. h. 1 Pfund Wasser von 100° gebraucht, um sich in Dampf von 100° zu verwandeln, 540 der oben §. 287 festgestellten Wärmeeinheiten; Wasser von 100° gebraucht also zu seiner Verwandlung in Dampf von 100° beinahe 5½ Mal so viel Wärme, als es nöthig hätte, um seine Temperatur von 0° bis auf 100° zu erhöhen. Die Wärmemenge, welche also 1 Pfund (wenn 1 Pfund die Wassereinheit darstellt) Wasserdampf enthält, beträgt 640 (die latente und die freie mit dem Thermometer meßbare Wärme zusammengerechnet). Es wird sich später zeigen, daß der Wasserdampf unter veränderten Umständen sehr verschiedene (mit dem Thermometer meßbare) Temperatur annehmen kann. Je niedriger nun aber seine Temperatur (seine freie Wärme) wird, genau um so viel größer wird seine latente Wärme, so daß die Summe der latenten und der freien Wärme des Wasserdampfes immer genau gleich ist 640. Bei 100° war die freie Wärme 100 und die latente 540; hat der Wasserdampf dagegen nur die freie Wärme 50, so wird seine latente = 590; beträgt die freie Wärme nur 10°, so wird die latente 630 u. s. f.

Auf ähnliche Weise läßt sich auch die latente Wärme anderer Dämpfe bestimmen; sie beträgt für Alkohol 214, für Aether 90, für Citronenöl 80, für Terpentinöl 74.

§. 299. Da bei der Entstehung des gasförmigen Zustandes eine große Menge Wärme gebunden wird, so muß eine Flüssigkeit, welche stark verdampft, sich sehr bedeutend abkühlen, wenn ihr von außen keine Wärme zugeführt wird, weil die sich entwickelnden Dämpfe den umliegenden Wassertheilchen die zu ihrer Bildung nothwendige Wärme entziehen. Befeuchtet man die Hand (oder beim Baden den ganzen Körper) mit Wasser, so empfindet man in einem Luftzuge, welcher eine schnellere Entwickelung von Wasserdämpfen veranlaßt, eine bedeutende Abkühlung. Wasser erhält sich in porösen Thongefäßen, durch welche etwas Wasser hindurchdringen und verdunsten kann, kühl. — Stellt man unter den Recipienten der Luftpumpe eine Schaale mit concentrirter Schwefelsäure und in einiger Entfernung über

dieselbe etwas Wasser in einem sehr dünnen, wenig Wasser haltenden Schälchen (das am besten, um die Zuleitung der Wärme von außen zu vermeiden, mittelst einiger Fäden an einem kleinen Stative aufgehangen wird), so wird während des Auspumpens der Luft ein Theil des Wassers sich rasch in Dämpfe verwandeln, die theils durch die Pumpe entfernt, theils durch die Schwefelsäure absorbirt werden. Indem die sich entwickelnden Dämpfe dem zurückbleibenden Wasser Wärme entziehen, gefriert das Wasser nach einigen Minuten in dem Schälchen. — Während bei dem eben angegebenen Versuche das Wasser durch seine eigene Verdampfung zum Gefrieren gebracht wurde, kann das Gefrieren des Wassers auch durch die Verdampfung einer andern Flüssigkeit, z. B. des Aethers, hervorgebracht werden. Man legt bei diesem Versuche in eine flache Porzellanschaale etwas Baumwolle, befeuchtet sie stark mit Aether, setzt auf die Baumwolle ein sehr dünnes Metallschälchen mit etwas Wasser, bringt die Porzellanschaale unter den Recipienten der Luftpumpe, und beginnt auszupumpen. Der Aether verdampft sehr rasch in dem luftleerem Raume, und entzieht dem Metallschälchen und dem Wasser so viel Wärme, daß letzteres gefriert; die sich bildenden Aetherdämpfe entfernt man durch fortgesetztes Pumpen. Läßt man flüssige Kohlensäure durch eine enge Röhre in einen Ballon ausströmen, so verdampft sie so schnell, daß ein Theil derselben gefriert und fest wird; der verdampfende Theil entzieht nämlich dem andern so viel Wärme, daß letzterer fest wird, und sich in schneeähnlichen Flocken in dem Ballon ansetzt. Wird diese feste Kohlensäure noch mit Aether befeuchtet, so sinkt ein in diese Masse eingetauchtes Thermometer bis auf — 90°; Quecksilber damit in Berührung gebracht, gefriert augenblicklich. Aehnlich verhält sich das Stickoxydulgas; ein in flüssiges Stickoxydulgas eingetauchtes Thermometer stand auf — 105°; das herausgezogene sank durch die schnellere Verdunstung des noch auf seiner Oberfläche haftenden flüssigen Stickoxydulgases auf — 115°, wobei ein Theil desselben fest wurde, und eine dünne Kruste auf der Thermometerkugel bildete.

§. 300. Wenn der aus siedendem Wasser sich entwickelnde Wasserdampf mit kälteren Körpern in Berührung kommt, so gibt er, wie oben schon erwähnt, nicht nur seine latente Wärme ab, sondern auch noch so viel seiner freien, als die Temperatur des kältern Körpers unter 100° ist. Deßhalb wendet man den Wasserdampf sehr häufig zum Erhitzen von Flüssigkeiten an. Wenn es hiebei, wie z. B. beim Erhitzen von reinem Wasser gleichgiltig ist, ob zu der zu erhitzenden Flüssigkeit noch etwas Wasser (der niedergeschlagene Dampf) hinzukommt, so ist es am einfachsten, den Dampf durch eine Röhre unmittelbar in die Flüssigkeit zu leiten. Geht dieß aber nicht an, so leitet man den Dampf in Röhren durch die Flüssigkeit, versieht auch wohl das Metallgefäß, worin dieselbe sich befindet, mit doppeltem Boden und doppelten Wänden, und leitet den Dampf auch in den Zwischenraum zwischen beide Boden und Wände. Wie viel Wasserdampf nöthig ist, um z. B. eine gegebene Quantität Wasser M von der Temperatur t auf die Temperatur T zu erhitzen, ergibt sich aus der latenten Wärme des Wasserdampfs. Wenn man die Dampfmenge N gebraucht, so besitzt diese die Wärmemenge 640 N; indem diese Dampfmenge sich zur Temperatur T durch Berührung mit dem kältern Körper abkühlt, behält das aus ihr entstandene Wasser noch die Wärmemenge T N (weil die specifische Wärme des Wassers = 1 ist); der Verlust an Wärme ist also 640 N — T N = (640 — T) N. Diese Wärmemenge, welche der Dampf verloren hat, ist von dem Wasser M aufgenommen, dessen Temperatur dadurch von t° auf T° gestiegen ist; bei t° hatte das Wasser M die Wärmemenge t M, bei T° aber

T M, es hat also aufgenommen die Wärmemenge (T — t) M. Folglich ist

$$(640 - T)\ N = (T - t)\ M, \text{ oder } N = \frac{(T-t)\ M}{640 - T}.$$ Ist M = 20 Pfund,

T = 40 und t = 10, so wird $N = \frac{(40 - 10)\ 20 \text{ Pfd.}}{640 - 40} = 1$ Pfd., d. h. man gebraucht 1 Pfd. Dampf, um 20 Pfd. Wasser von 10° bis zu 40° zu erwärmen.

Die Erwärmung der Flüssigkeiten durch Dampf gewährt den Vortheil, daß auf dem Boden des Gefäßes kein Anbrennen entsteht, daß man die Flüssigkeiten selbst in hölzernen Gefäßen erhitzen und mehrere Gefäße gleichzeitig durch ein einziges Feuer (einen einzigen Dampfkessel) und in jeder beliebigen Entfernung vom Feuerherde (indem man den Dampf durch Röhren, deren Abkühlung möglichst vermieden ist, fortleitet) erwärmen kann. Da durch Erhöhung des Druckes der Wasserdampf eine Temperatur höher als 100° annehmen kann (§. 302), so läßt sich auch bei der Dampfkochung die Temperatur der Flüssigkeit auf jeden beliebigen Grad erhöhen.

Wenn man den Dampf unmittelbar in die Flüssigkeit leitet, so muß die Dampf zuführende Röhre dicht am Boden des Gefäßes ausmünden, weil sonst das unterhalb der Mündung liegende Wasser kalt bleiben würde. Weiß man, wie viel Dampf ein Dampfkessel in einer Minute liefert, so läßt sich auch, wenn die zum Erhitzen nöthige Dampfmenge N berechnet ist, angeben, in wie langer Zeit die Erwärmung der Flüssigkeit bis zu der gewünschten Temperatur steigen wird.

§. 301. Die aus einer Flüssigkeit erzeugten Dämpfe zeigen, so lange sie mit derselben in Berührung bleiben, eine allein von ihrer Temperatur abhängige Spannung (oder Druck), und es ist wichtig, die Spannungen dieser Dämpfe, namentlich aber der Wasserdämpfe, genau zu kennen. Die einfachste Vorrichtung für die Messung dieser Spannkräfte wird man erhalten, wenn man in den obern leeren Raum (über dem Quecksilber) eines gut ausgekochten, also luftfreien Barometers, ein wenig Wasser bringt. Man erlangt dieß dadurch, daß man in eine kleine, sehr dünne, mit einem Röhrchen versehene Glaskugel etwas Wasser bringt, das Wasser zum Sieden erhitzt, und das Röhrchen dicht an der Kugel zuschmilzt, sobald man sich der gänzlichen Entfernung aller Luft aus der Kugel versichert halten kann. Die mit luftfreiem Wasser gefüllte Kugel wird unter die Röhre eines Gefäßbarometers gebracht und frei gelassen; sie steigt dann in dem Quecksilber der Röhre in die Höhe, und wird durch vorsichtiges Schütteln oder Erwärmen oben über dem Quecksilber im Barometer zerschlagen. Augenblicklich bildet das Wasser in dem luftleeren Raume Dämpfe, welche eine genau von der Temperatur abhängige Spannung haben, und in Folge dieser einen Druck auf die Oberfläche des Quecksilbers im Barometer ausüben. Vergleicht man nun den Stand dieses Wasserdampf enthaltenden Barometers mit dem Stande eines unversehrt gebliebenen guten Barometers, so wird der erstere niedriger sein, als der letztere, und zwar wird der Unterschied zwischen beiden Barometerständen genau so viel betragen, als der Druck der vorhandenen Wasserdämpfe; denn auf das Quecksilber in beiden Gefäßen (oder kurzen Schenkeln) wirkt derselbe Atmosphärendruck, und diesem wird in dem zweiten Barometer durch eine Quecksilbersäule allein, in dem ersten aber durch einen Dampfdruck und durch eine Quecksilbersäule das Gleichgewicht gehalten.

Wenn man die beiden erwähnten Barometer ein ganzes Jahr hindurch

zugleich beobachtete, so würde man ein Mittel haben, die Spannkraft des Wasserdampfes für Temperaturen innerhalb der gewöhnlichen Lufttemperaturgrade zu bestimmen. Soll die Spannung für etwas höhere Temperaturen gemessen werden, so ist es am einfachsten, die beiden vorhin erwähnten Barometerröhren in ein Gefäß und mit ihrem Gefäße an einen größern, mit warmem Wasser gefüllten Glascylinder zu stellen. Der Wasserdampf wird seine Temperatur erhöhen, und mittelst seiner hiedurch vermehrten Spannkraft das Quecksilber weiter herabdrücken. Der Unterschied zwischen beiden Barometerständen mißt auch hier wieder die Spannkraft des Wasserdampfs bei der vorhandenen Temperatur. Es versteht sich wohl von selbst, daß die Barometerstände, um vergleichbare Werthe zu erhalten, stets auf 0° reducirt werden müssen (§. 77).

Will man die Spannkräfte des Wasserdampfes für noch höhere Temperaturen als 100° bestimmen, so kann man eine ähnliche Vorrichtung, wie Fig. 71, anwenden. Man bringt nämlich anstatt der Luft etwas Wasser in den kürzern Schenkel a b, und erhitzt denselben auf geeignete Weise bis zu der verlangten Temperatur. Das Quecksilber wird dann in c d auf eine gewisse Höhe gehoben, und der Unterschied zwischen den Höhen des Quecksilbers in den Schenkeln a b und c d gibt die Spannkraft der Wasserdämpfe bei der bestimmten Temperatur an. Wenn jedoch die Temperatur und damit auch der Druck des Dampfes sehr hoch steigt, so müßte die Röhre c d sehr lang werden, um durch das Gewicht des in ihr befindlichen Quecksilbers der Spannkraft der Wasserdämpfe das Gleichgewicht zu halten. Man kann in diesem Falle den Apparat bequemer machen, indem man die Röhre c d mit vollkommen trockener Luft füllt, nnd oben verschließt. Durch den Druck des Dampfs wird dann die Luft in c d zusammengepreßt, und aus ihrem Volumen läßt sich mit Hülfe des Mariotte'schen Gesetzes (§. 109) der Druck des Dampfes auf das Quecksilber in dem andern Schenkel herleiten.

Das Angeführte soll nur dienen, die Art und Weise anzudeuten, wie man bei hohen Temperaturen den Dampfdruck oder die Spannung des Dampfes mißt; bei der Ausführung solcher Versuche wird man aber nicht das Wasser unmittelbar in dem Schenkel a b erhitzen, sondern in einem kleinen, hinlänglich starken metallenen Kessel, dessen oberer Raum mit dem Schenkel a b in Verbindung steht, und so mittelst des Quecksilbers die Luft in dem oben verschlossenen Schenkel c d zusammenpreßt. Auf diese Weise haben Arago und Dulong die Spannkraft des Wasserdampfs bis zu 24 Atmosphärendruck oder bis zu einer Temperatur von 223,9° ermittelt.

§. 302. Die genauesten Versuche über die Spannkräfte des Wassers bei Temperaturen bis zu 100° sind von Magnus und Regnault angestellt. Die folgenden Tabellen enthalten die von Magnus für die Temperatur von — 20° bis 118°, und die von Arago und Dulong für die Temperaturen von 100° bis 223,9° gegebenen Werthe der Spannkräfte des Wasserdampfs.

Tafel der Spannkräfte des Wasserdampfs für die daneben stehenden Temperaturen.

t	e	t	e	t	e	t	e	t	e
°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
—20	0,916	+8	7,964	36	44,268	64	178,397	92	566,147
—19	0,999	9	8,525	37	46,758	65	186,601	93	587,836
—18	1,089	10	9,126	38	49,368	66	195,124	94	610,217
—17	1,186	11	9,751	39	52,103	67	203,975	95	633,305
—16	1,290	12	10,421	40	54,969	68	213,166	96	657,120
—15	1,403	13	11,130	41	57,969	69	222,706	97	681,683
—14	1,525	14	11,882	42	61,109	70	232,606	98	707,000
—13	1,655	15	12,877	43	64,396	71	242,877	99	733,100
—12	1,796	16	13,519	44	67,833	72	253,530	100	760,000
—11	1,947	17	14,409	45	71,427	73	264,577	101	787,718
—10	2,109	18	15,351	46	75,185	74	276,029	102	816,273
— 9	2,284	19	16,345	47	79,111	75	287,898	103	845,683
— 8	2,471	20	17,396	48	83,212	76	300,193	104	875,971
— 7	2,671	21	18,505	49	87,494	77	312,934	105	907,157
— 6	2,886	22	19,675	50	91,965	78	326,127	106	939,260
— 5	3,115	23	20,909	51	96,630	79	339,786	107	972,296
— 4	3,361	24	22,211	52	101,497	80	353,926	108	1006,300
— 3	3,624	25	23,582	53	106,572	81	368,558	109	1041,278
— 2	3,905	26	25,026	54	111,864	82	383,697	110	1077,261
— 1	4,205	27	26,547	55	117,378	83	399,357	111	1114,268
0	4,525	28	28,148	56	123,124	84	415,552	112	1152,321
+ 1	4,867	29	29,832	57	129,109	85	432,295	113	1191,444
+ 2	5,231	30	31,602	58	135,341	86	449,603	114	1231,660
+ 3	5,619	31	33,464	59	141,829	87	467,489	115	1272,986
+ 4	6,032	32	35,419	60	148,579	88	485,970	116	1315,462
+ 5	6,417	33	37,473	61	155,603	89	505,060	117	1359,094
+ 6	6,939	34	39,630	62	162,908	90	524,775	118	1403,915
+ 7	7,436	35	41,893	63	170,502	91	545,133		

Bestimmung der Spannkräfte des Wasserdampfs für höhere Temperaturen von Arago und Dulong.

Spannkraft.	Beobachtete Temp. C.	Spannkraft.	Beobachtete Temp. C.	Spannkraft.	Beobachtete Temp. C.
23.39 Atm.	223.9	17.13 Atm.	206.1	7.61 Atm.	169.5
22.66 —	220.4	14.53 —	198.5	7.39 —	168.4
21.60 —	218.3	13.19 —	193.7	6.51 —	163.2
21.31 —	217.3	11.66 —	188.4	5.12 —	153.7
20.44 —	215.1	10.60 —	183.7	4.86 —	151.9
18.55 —	210.5	9.89 —	180.7	2.14 —	123.0
18.16 —	209.1	8.11 —	172.1	1.00 —	100.0

In der ersten der vorstehenden Tabellen enthält die mit t überschriebene Spalte die Temperaturgrade nach der hunderttheiligen Skale, und die zweite die Spannkräfte der Dämpfe bei der links daneben stehenden Temperatur, gemessen durch die Länge einer Quecksilbersäule in Millimetern, welche ihnen das Gleichgewicht hält.

In der zweiten Tabelle enthält die erste Spalte gleichfalls die Temperaturen, die zweite dagegen die Spannkräfte der Dämpfe bei denselben, aber nicht wie vorhin in Millimetern, sondern gleich in Atmosphärendruck. Aus beiden Tabellen ergibt sich, daß die Spannkräfte in einem bei weitem stärkern Verhältniß zunehmen, als die Temperaturen. Um z. B. die Spannung des Dampfes von einem Atmosphärendrucke auf zwei zu erhöhen, braucht man die Temperatur nur von 100° auf 123° zu erhöhen u. s. w.

§. 303. Die Spannkraft der Dämpfe anderer Flüssigkeiten ist von der Spannkraft des Wasserdampfes oft sehr verschieden; so beträgt dieselbe für die Dämpfe aus folgenden Flüssigkeiten bei den angegebenen Temperaturen: für den leichter condensirbaren Theil des ölbilden Gases bei — 76,1° 4,6 Atmosphärendruck; bei — 62,1° 6,32 Atmosphärendruck; bei — 45,5° 11,1 Atmosphärendruck; bei — 27,9° 19,38 Atmosphärendruck; bei — 17,7° 26,9 Atmosphärendruck. Für Chlorwasserstoffsäure bei — 17,7° 15,04 Atmosphärendruck; bei 0° 26,20 Atmosphärendruck. Für Kohlensäure bei — 79,4° 1,14 Atmosphärendruck, bei 0° 38,5 Atmosphärendruck u. s. w.

Sollen die Gase durch Druck bei einer gegebenen Temperatur flüssig gemacht werden, so muß der Druck die für jede Temperatur angegebene Größe überschreiten. Man erzeugt den Druck entweder, wie es z. B. Natterer beim Condensiren des Stickstoffoxyduls gemacht hat, durch Anwendung einer Compressionspumpe, welche sich bei jedem Kolbenaufzuge mit dem Gase füllt, und dasselbe dann in einen hinlänglich festen Behälter preßt, oder durch die Erzeugung einer sehr großen Menge Gas in einem abgeschlossenen Raume. Biegt man z. B. eine Röhre unter einem rechten Winkel, bringt in den einen Schenkel Chlorsilber, und leitet durch den andern Ammoniakgas hinzu, so absorbirt das Chlorsilber das Ammoniakgas. Schmilzt man darauf den zweiten Schenkel auch zu, und erhitzt das Chlorsilber, während man den zweiten Schenkel abkühlt, so entweicht das Ammoniakgas aus dem Chlorsilber, und condensirt sich durch seinen eigenen Druck in dem kältern zweiten Schenkel. Nach dem Abkühlen nimmt das Chlorsilber das Ammoniak wieder auf, und man kann den Versuch von Neuem anstellen.

§. 304. Durch den Druck, welchen der aus erhitztem Wasser gebildete Dampf ausübt, kann man einen in einem Cylinder A B, Fig. 189, beweglichen, genau anschließenden Kolben C auf- und abwärts bewegen, je nachdem der Dampf von unten oder von oben auf denselben wirkt, und diese auf und niedergehende Bewegung zur Bewegung anderer Maschinen benutzen (Dampfmaschine.) Gewöhnlich ist die Kolbenstange D, welche durch die Stopfbüchse E dampfdicht hindurchgeht, durch eine eigenthümliche Vorrichtung, das sogenannte Parallelogramm, mit dem einen Ende eines starken gleicharmigen Hebels (Balancier) verbunden. Durch dieses Parallelogramm wird

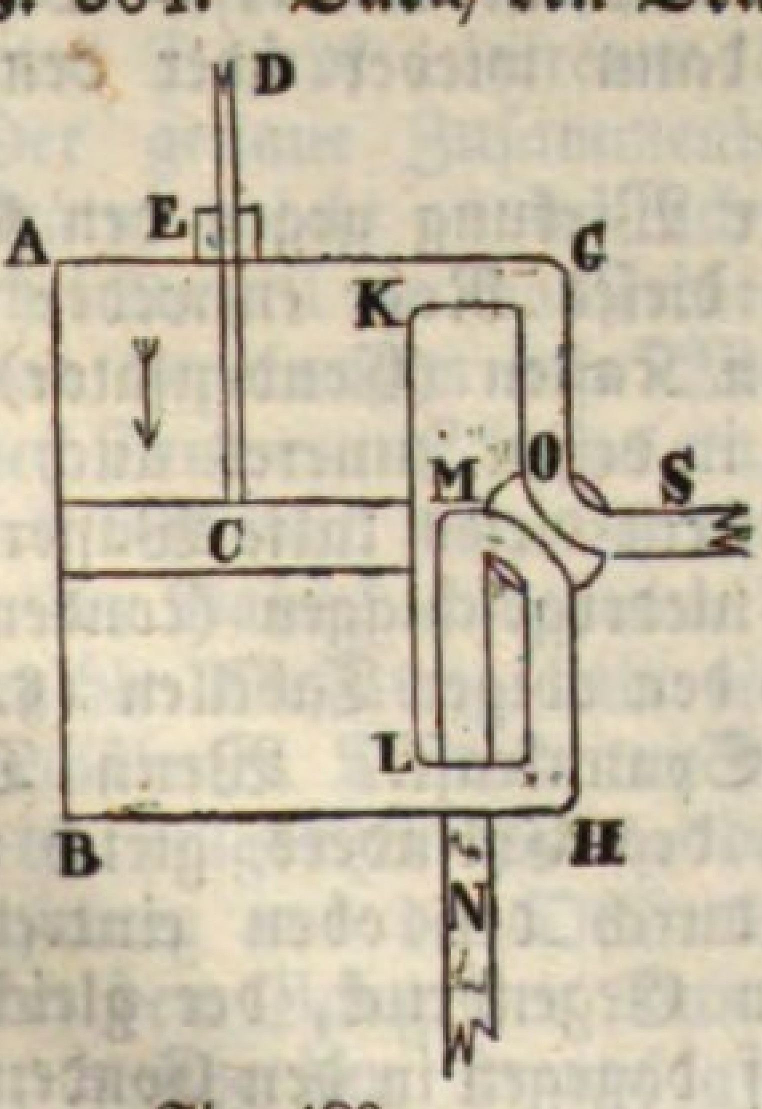


Fig. 189.

nämlich die Kolbenstange ziemlich genau in ihrer Richtung D C auf- und abgeführt, während das Ende des Hebels, mit dem sie durch das Parallelogramm verbunden ist, bei seinem Auf- und Niedergehen einen Kreisbogen beschreibt. An dem andern Ende dieses Hebels werden entweder die Pumpenstangen angehängt, wenn z. B. Wasser aus einem Schachte gehoben werden soll, oder man bringt an demselben eine Stange an, welche mit einem an einer Welle befindlichen Krummzapfen (Kurbel) in Verbindung steht, und dadurch die Welle sammt den auf ihr befestigten Rädern in Umdrehung versetzt. Bei den Dampfwagen ist gar kein solcher Balancier vorhanden.

Um den Dampf abwechselnd über und unter den Kolben zu leiten, bedient man sich entweder des doppelt durchbohrten Hahnes, oder des Schieberventils, oder auch der Klappenventile; es soll hier nur die erste Vorrichtung dargestellt werden. G H ist in Fig. 189 eine Röhre, welche oben bei K und unten bei L in den Cylinder mündet; rechtwinklig durchkreuzt sie eine zweite Röhre S M N, deren Schenkel S bestimmt ist, den aus dem Wasser (im Dampfkessel) erzeugten Dampf zuzuführen, während der zweite Schenkel M N die Ableitung des seine Wirkung ausgeübt habenden Dampfes bewirkt. An der Durchkreuzungsstelle beider Röhren findet sich ein Hahn O, der (wie der Durchschnitt dasselbe in Fig. 189 zeigt) zwei Mal durchbohrt ist, und, so wie er gezeichnet ist, den aus dem Dampfkessel durch die Röhre S herbeiströmenden Dampf durch die eine Durchbohrung in die Röhre G, und dann in den obern Theil des Cylinders über dem Kolben gelangen läßt. Durch seinen Druck treibt der Dampf den Kolben herunter, wenn unterhalb desselben ein schwächerer Druck wirkt. Es muß deßhalb während des Niederganges des Kolbens der unter ihm befindliche Dampf abgeleitet werden. Dieß geschieht durch die Röhre L H, welche den Dampf aus dem untern Raume des Cylinders aufnimmt, und durch die zweite Durchbohrung des Hahnes in die Röhre M N leitet. Wenn der Kolben durch den Druck des Dampfes bis zum untern Ende des Cylinders gelangt ist, so wird durch die Maschine selbst der Hahn um einen Winkel von 90° herumgedreht, so daß in dieser neuen Stellung, Fig. 190, der Dampf aus dem Rohre S durch die eine Durchbohrung in die Röhre H, und dann unter den Kolben gelangt, während der über dem Kolben befindliche Dampf sich auf dem Wege K G durch die andere Durchbohrung und die Röhre M N entfernt. Wenn der Kolben durch den Druck des Dampfes seinen Aufgang vollendet hat, so dreht die Maschine den Hahn wieder um 90° rückwärts in die erste Stellung, Fig. 189, der Dampf tritt dann wieder über den Kolben u. s. w.

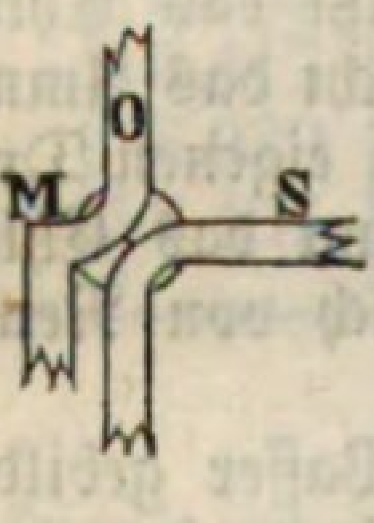


Fig. 190.

§. 305. Der Dampf, welcher nach seiner Wirkung gegen den Kolben durch das Rohr M N entweicht, gelangt durch dieses Rohr entweder in die atmosphärische Luft, oder in einen metallenen Kasten (Condensator), der ringsum von kaltem Wasser umgeben ist, und in dessen Inneres auch kaltes Wasser durch einen Hahn eingespritzt wird. Durch dieses kalte Wasser wird der Dampf abgekühlt, und zum größten Theil niedergeschlagen (condensirt); durch diese Abkühlung verliert er aber, wie aus den obigen Tabellen (§. 302) hervorgeht, auch den größten Theil seiner Spannkraft. Wenn Dampf durch das Rohr M N aus dem untern Raume des Cylinders gleich in die atmosphärische Luft entweicht, so erfährt der durch den oben eintretenden Dampf niedergedrückte Kolben von unten einen Gegendruck, der gleich dem Drucke der Atmosphäre ist; entweicht der Dampf dagegen in den Condensator,

so erleidet der Kolben von unten nur einen Gegendruck, wie er der Temperatur des Dampfes im Condensator entspricht. Hat der Kolben auf der untern Seite den Druck der ganzen Atmosphäre zu überwältigen, so muß der Druck des Dampfes auf die obere Seite natürlich bedeutend stärker sein, als ein Atmosphärendruck, wenn die Maschine noch einen Nutzeffect geben soll. Man nennt solche Maschinen deßhalb Hochdruckmaschinen, im Gegensatz zu den Condensationsmaschinen.

Das warme Wasser und die durch Kochen aus dem Wasser entwickelte Luft werden aus dem Condensator mit Hilfe einer besondern Pumpe (Luft- und Warmwasserpumpe) entfernt. Die Pumpenstange derselben ist gleich an den Balancier angehangen, ebenso wie die Stangen zweier anderen Pumpen, von denen die eine das kalte zur Abkühlung (Condensation) nöthige Wasser hebt (Kaltwasserpumpe), und die andere einen Theil des aus dem Condensator gehobenen warmen Wassers aufnimmt und in den Dampfkessel führt, um das verdampfte Wasser zu ersetzen (Speisepumpe).

§. 306. Die Erzeugung des Dampfes geschieht in einem Kessel, dessen Wände hinlänglich stark sind, um in der Hitze dem Dampfdrucke genügenden Widerstand zu leisten. Man gibt ihm eine solche Form, daß ein möglichst großer Theil seiner Wände vom Feuer bespült werden kann, damit die Dampfentwickelung rasch erfolgt. Es darf aber nie ein Theil der Kesselwand, der innen nicht vom Wasser bedeckt ist, außen von dem Feuer bespült werden, weil dieß leicht Veranlassung zu einer Explosion geben kann.

Jeder Dampfkessel vermag nur einen bestimmten Druck auszuhalten. Es müssen deßhalb an jedem Kessel Vorrichtungen angebracht werden, welche verhindern, daß der Dampf bis zu dieser äußersten Grenze angespannt werden kann. Man nennt diese Vorrichtungen Sicherheitsventile. Das gewöhnlich angewendete Sicherheitsventil ist, Fig. 191, im Durchschnitte gezeichnet und besteht aus einer etwas konischen runden Metallplatte D, welche sich in eine entsprechende Vertiefung einer in der Kesselwand G H befestigten Platte von demselben Metalle E F genau hineinlegt. Die Platte D wird durch das Gewicht Q, das an dem längern Arme des einarmigen, um B drehbaren Hebels B A wirkt, mittelst der Stange C D um so stärker niedergedrückt, je weiter das Gewicht sich von B entfernt. Kennt man die Größe der Fläche des Ventils, das Gewicht Q und die Länge der Hebelarme B C und B A, so kann man berechnen, wie groß der Dampfdruck werden muß, ehe das Ventil sich öffnet, und den überflüssig gebildeten Dampf austreten läßt.

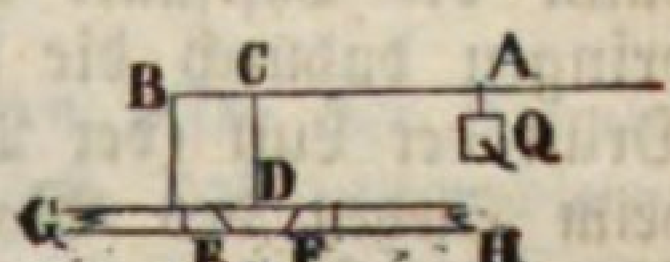


Fig. 191.

Der genaue Zusammenhang der Spannkräfte der Dämpfe mit der Temperatur macht es möglich, noch auf eine ganz andere Weise ein solches Sicherheitsventil zu construiren. Es ist oben §. 293 angeführt worden, daß man Legirungen von Metallen herstellen kann, die bei einer zuvor bestimmten Temperatur schmelzen. Wenn man die höchste Spannkraft des Wasserdampfes bestimmt hat, so ist damit auch die höchste Temperatur bestimmt, welche der Dampf annehmen kann. Füllt man nun eine in der Kesselwand angebrachte Oeffnung mit einer solchen Metalllegirung aus, die bei der eben erwähnten Temperatur des Dampfes schmilzt, so kann der Dampf im Kessel die festgesetzte Grenze der Spannkräfte nicht überschreiten; es schmilzt die Legirung aus der Oeffnung, und der Dampf kann frei entweichen.

Um den Gang der Dampfmaschine zu reguliren, bringt man in der Röhre, welche den Dampf aus dem Kessel zum Cylinder führt, eine drehbare

Klappe an, welche durch ihre Stellung dem Dampfe den Zutritt zum Cylinder mehr oder weniger gestattet. Die Stellung dieser Klappe wird regulirt durch das Fig. 84 beschriebene Centrifugalpendel. Mit den beiden Stangen A C und A C ist nämlich durch zwei andere Stangen eine Hülse verbunden, welche die Axe A B umgibt. Heben sich, wenn die Maschine anfängt schneller zu gehen, die Schwungkugeln C weiter in die Höhe, so steigt auch diese Hülse, und umgekehrt. Durch diese Bewegungen der Hülse werden dann Hebel in Bewegung gesetzt, welche wieder mit der Drehklappe in Verbindung stehen, und deren Stellung abändern; fängt nämlich die Maschine plötzlich an etwas schneller zu gehen, so verengern sie die Oeffnung der Röhre, und erweitern dieselbe im umgekehrten Falle.

§. 307. Wenn Wasser in einem offenem Gefäße erhitzt wird, so verwandelt beim Sieden die Wärme das Wasser in Dampf, und entweicht als latente Wärme des Dampfes; die Temperatur des Wassers erhöht sich aber nicht über den Siedepunkt hinaus. Will man das Wasser stärker erhitzen, so muß man dasselbe in ein Gefäß, wie vorhin in einen Dampfkessel einschließen. Zu diesem Zwecke dient auch der Papinianische Topf oder Digestor, ein aus starkem Messing oder Kupfer verfertigter Topf, der durch einen, mittelst einer Schraube aufgedrückten Deckel verschlossen wird. Das Wasser kann in demselben sehr hoch erhitzt werden; damit aber der Wasserdampf das Gefäß nicht durch zu große Spannung zersprengt, ist in dem Deckel ein Sicherheitsventil angebracht. In dem auf diese Weise über 100° erhitzten Wasser lassen sich viele Körper erweichen und auflösen, welche bei der gewöhnlichen Siedehitze diese Aenderung nicht erleiden.

§. 308. Das Sieden einer Flüssigkeit in einem offenen Gefäße tritt ein, wenn der in derselben gebildete Dampf eine Spannkraft hat, welche dem Drucke der äußern Atmosphäre gleich kommt; die Dämpfe vermögen dann die Luftsäule hinwegzustoßen, entweichen in großer Menge, und bringen dadurch die Flüssigkeit in heftige Bewegung (Sieden). Wenn der Druck der Luft (der Barometerstand) sich ändert, so muß auch der Dampf beim Sieden des Wassers seine Spannkraft, und dem entsprechend seine Temperatur ändern. Taucht man ein Thermometer in den Dampf des siedenden Wassers, oder in die obersten Schichten des siedenden Wassers selbst, so wird es einen verschiedenen Stand annehmen, je nachdem das Barometer über oder unter 28 Zoll steht. Daher wurde früher §. 9 die Vorschrift gegeben, den Siedepunkt eines Thermometers zu bestimmen, wenn der Barometerstand gerade 28 Zoll beträgt.

Alle Umstände, welche den Luftdruck verringern, müssen daher auch den Temperaturgrad der aus siedendem Wasser aufsteigenden Dämpfe erniedrigen. Bestimmt man z. B. unten am Fuße eines Berges den Temperaturgrad der Dämpfe des siedenden Wassers, steigt dann den Berg auf eine gewisse Weite hinauf, und bestimmt den Siedepunkt von Neuem, so wird derselbe jetzt niedriger sein als vorhin. Da nun der Siedepunkt stets von dem Luftdrucke oder dem Barometerstande abhängig ist, so läßt sich vermittelst der am Fuße und auf dem Berge gemessenen Temperaturen des siedenden Wassers oder des aus ihm aufsteigenden Dampfes der Barometerstand am Fuße und auf dem Berge, und daraus wieder die Höhe des Beobachtungsortes am Berge (§. 78) berechnen. Ist das Thermometer in der Nähe des gewöhnlichen, normalen Siedepunktes von 100° sehr empfindlich, so kann man selbst die Veränderung des Siedepunktes wahrnehmen, wenn man aus einem Stockwerke des Hauses in das andere steigt.

Die Temperatur des siedenden Wassers oder seines Dampfes ist z. B. auf dem Montblanc nur etwas über 84° (bei einem Versuche von Martin und Bravais 84°,396).

Stellt man unter die Luftpumpe einen Glaskolben mit warmem Wasser, und pumpt die Luft aus, so fängt, wenn der Luftdruck auf eine bestimmte Größe abgenommen hat, das warme Wasser an zu sieden, hört aber beim Zutritt der Luft augenblicklich wieder auf. Der Alkohol siedet im luftleeren Raume durch die bloße Wärme der Hand.

§. 309. Wenn Salze (oder Säuren) im Wasser gelöst werden, so wird die Temperatur des in einem offenen Gefäße siedenden Wassers höher als die Temperatur des reinen siedenden Wassers. Die aus diesen Salzlösungen entweichenden Dämpfe haben aber oberhalb der Flüssigkeit stets genau dieselbe Temperatur, wie diejenigen, welche sich aus reinem Wasser entwickeln. So lange sich die Dämpfe in der heißern Salzlösung befinden, muß ihre Temperatur freilich gleich sein der Temperatur der Salzlösung; sobald sie aber diese letztere verlassen, dehnen sie sich wegen ihrer größern Spannkraft soweit aus, bis ihre Spannkraft gleich dem Drucke der Atmosphäre ist, und verbrauchen dazu so viel Wärme, daß die freie übrig bleibende genau gleich ist der freien Wärme der aus reinem Wasser sich entwickelnden Dämpfe.

Auch das Material des Gefäßes ist von Einfluß auf die Temperatur des siedenden Wassers; z. B. kocht das Wasser in metallenen Gefäßen früher als in gläsernen. — Erhitzt man einen Platintiegel oder Eisentiegel bis zum Glühen, und gießt einen Tropfen Wasser hinein, so berührt das Wasser das Metall nicht und bewegt sich auf eigenthümliche Weise hin und her. Läßt man den Tiegel abkühlen, so tritt bei einer gewissen Temperatur die Verdampfung ganz plötzlich wie eine kleine Explosion ein (Leidenfrost'scher Versuch).

§. 310. Bei den bisher behandelten Erscheinungen blieb der Dampf stets in Berührung mit der Flüssigkeit, und es zeigte sich, daß unter diesen Umständen die Spannkraft des Wasserdampfes ganz allein von seiner Temperatur abhängig war. Diese Spannkraft läßt sich durch kein Mittel, mit Ausnahme einer Erhöhung der Temperatur, verstärken; versucht man nämlich den Dampf zu comprimiren, so verdichtet sich ein Theil zu Wasser, und der Rest hat, wenn die Temperatur genau wieder die frühere ist, auch genau wieder dieselbe Spannkraft. Dieser Werth ist also auch wieder das Maximum, welches die Spannkraft bei der vorhandenen Temperatur überhaupt erreichen kann. Ebenso läßt sich die Spannkraft, so lange noch Flüssigkeit vorhanden ist, und die Temperatur ungeändert bleibt, durch kein Mittel verringern; vergrößert man das Volumen, welches der Dampf ausfüllt, so verringert sich nicht etwa die Spannkraft, sondern es erzeugen sich sofort neue Dämpfe, bis der zu der stattfindenden Temperatur gehörige Druck wieder hergestellt ist.

Ganz anders verhält sich aber der Wasserdampf, wenn er mit der erzeugenden Flüssigkeit nicht mehr in Verbindung ist; vergrößert man sein Volumen, so dehnt er sich unter Verringerung seiner Spannkraft nach den Gesetzen der gasförmigen Körper (§. 109) aus; verkleinert man sein Volumen wieder, so nimmt seine Spannkraft zu, bis man zu dem oben angegebenen Maximum gelangt. Versucht man den Dampf noch weiter zu comprimiren, so schlägt sich ein Theil als Wasser nieder, während der Rest, wie oben schon angegeben, bei jeder weitern Compression das Maximum der Spannkraft erhält.

Man kann die angegebenen Versuche in dem Fig. 72 angegebenen Apparat anstellen, wenn man über das Quecksilber in der Röhre A B anstatt der Luft Wasserdampf bringt, und den ganzen Apparat von außen bis zu einer bestimmten Temperatur gleichmäßig erwärmt. Gesetzt, es stehe das Quecksilber in der Röhre A B bis F, so wird, so lange noch etwas Wasser auf dem Quecksilber bei F sich findet, die Höhe der Quecksilbersäule ungeändert bleiben, wie sehr man auch die Röhre erhebt oder niederdrückt. Ist aber bei F kein flüssiges Wasser mehr vorhanden, so steigt bei weiterem Emporheben der Röhre das Quecksilber auf die §. 111 angegebene Weise.

Am einfachsten macht man den Versuch nicht mit Wasser-, sondern mit Aetherdämpfen, weil die letzteren schon bei der Temperatur des Zimmers hinlängliche Spannkraft besitzen, während bei Anwendung von Wasser erst die ganze Vorrichtung erwärmt werden muß, um eine für den Versuch passende Spannkraft zu erhalten.

Während der Wasserdampf, wenn er mit seiner Flüssigkeit noch in Berührung ist, seine Spannkraft sehr bedeutend erhöht, sobald er mit der Flüssigkeit im eingeschlossenen Raume erhitzt wird, weil immer neue Dampfmengen hinzutreten, bis das Maximum der zu dieser hohen Temperatur gehörigen Spannkraft erreicht ist, so muß er den Gesetzen über die Ausdehnung gasförmiger Körper (§. 282) folgen, wenn keine Flüssigkeit, aus welcher neuer Dampf sich beim Erwärmen bilden könnte, weiter vorhanden ist.

§. 311. Die Dichtigkeit des Wasserdampfes läßt sich auf folgende Weise bestimmen. Man füllt eine graduirte Glasröhre ganz mit Quecksilber, und stellt sie dann (wie in §. 71) umgekehrt in ein Gefäß mit Quecksilber, so daß keine Luftblase in der Röhre zurückbleibt. Darauf bringt man ein kleines Glaskügelchen, das eine gewogene Quantität luftfreies Wasser enthält, unter die Röhre, läßt es in derselben aufsteigen, und zersprengt es. Man erhitzt dann die ganze Vorrichtung, bis das Wasser sich gänzlich in Dampf verwandelt hat, erhält die Temperatur eine Zeit lang constant, und beobachtet das Volumen des Dampfes, den Stand des Thermometers, des Barometers und die Höhe des Quecksilbers in der graduirten Röhre über dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße; um letztere Höhe ist nämlich der Druck, welchen der Wasserdampf erleidet, geringer als der Druck der Atmosphäre. Aus den angeführten Messungen kann man mit Hülfe der früheren Untersuchungen und Bestimmungen berechnen, wie viel ein gleiches Volumen Luft bei derselben Temperatur und unter demselben Drucke, unter welchem der Dampf gemessen wurde, wiegt. Das Gewicht des Dampfes ist gleich dem Gewichte des in das Kügelchen gefüllten Wassers; die Division dieses Gewichtes durch das Gewicht des Volumens Luft unter den angeführten Bedingungen gibt die Dichtigkeit des Wasserdampfes. Nach Gay-Lussac's Versuchen ist die Dichtigkeit des Wasserdampfs $^5/_8$ von der Dichtigkeit der Luft. Hieraus läßt sich berechnen, daß der Wasserdampf bei 100°, und einer Spannkraft, welche dem Barometerstande von 28 Zoll gleich ist, einen nahe 1700 Mal größeren Raum einnimmt, als das Wasser, woraus er entstanden ist.

§. 312. Um die Dichtigkeit der Dämpfe anderer Flüssigkeiten zu bestimmen, bringt man nach Dumas in eine Glaskugel, welche mit einer engen, vorn zu einer sehr feinen Spitze ausgezogenen Röhre versehen ist, eine hinreichende Menge der zu untersuchenden Flüssigkeit, und erhitzt die Kugel in einem Bade von Wasser, Oel, Chlorzink oder leichtflüssigem Metallgemisch (je nach den Umständen) 20 bis 30° über den Siedepunkt der Flüssigkeit. Der in überschüssiger Menge gebildete Dampf vertreibt die

atmosphärische Luft aus der Kugel und füllt dieselbe an; sobald kein Dampf mehr aus der Spitze der Röhre entweicht, also keine Flüssigkeit mehr in der Kugel vorhanden ist, schmilzt man die Spitze der Röhre zu, und mißt die Höhe des Barometers, so wie auch die Temperatur des Dampfes in der Kugel durch ein nahe neben derselben in das Bad eingesenktes Thermometer. Wiegt man die mit dem Dampfe angefüllte Kugel, so läßt sich aus dieser Wägung und aus der Wägung der mit atmosphärischer Luft angefüllten Kugel die Dichtigkeit des Dampfes bestimmen, wenn man noch das Volumen der Kugel durch Anfüllen mit (Wasser oder) Quecksilber und Auswiegen des eingetretenen Quecksilbers bestimmt. Man berechnet mit Hülfe der angegebenen Werthe das Gewicht des Dampfes und das Gewicht eines gleichen Volumens atmosphärischer Luft bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke; der Quotient des erstern Gewichts durch das letztere gibt die Dichtigkeit des Gases. Man sieht sogleich, daß bei diesen Berechnungen mehrere Reductionen auf andere Temperaturen und andere Drucke erforderlich werden; ebenso muß auch noch eine Correction angebracht werden, weil der Dampf gewöhnlich nicht die ganze Kugel erfüllt, sondern noch eine kleine Menge atmosphärischer Luft in derselben zurückbleibt. Man erhält ihre Menge, indem man die Spitze der zugeschmolzenen Röhre unter Quecksilber abbricht; es steigt dann, weil die Dämpfe sich durch die Abkühlung wieder niedergeschlagen haben, das Quecksilber in die Kugel, und füllt dieselbe bis auf den durch die zurückgebliebene Luft eingenommenen Raum an.

Die Dichtigkeiten der Dämpfe sind sehr verschieden; sehr groß ist die Dichtigkeit der Gase von Jod und Zinnchlorid, bei dem letztern 9,2, bei dem erstern 8,7, während sie bei dem Wasserdampf nur 0,62 beträgt.

§. 313. Wenn ein Gas zu einem andern Gase, mit dem es keine chemische Verbindung eingeht, hinzutritt, so verbreitet sich jedes Gas gleichförmig durch den ganzen Raum, und der Druck, den dieses Gemenge jetzt ausübt, oder die Spannkraft desselben ist genau gleich der Summe der Spannkräfte, welche jedes der beiden Gase annehmen würde, wenn es allein für sich den ganzen Raum erfüllte. Ebenso verhalten sich auch die Wasserdämpfe, wenn sie sich mit der atmosphärischen Luft mengen; verdampft Wasser in einem lufthaltigen Raume, so bilden sich daher genau so viel Dämpfe, als ob der Raum leer gewesen wäre, und zeigen auch denselben Druck. Der Druck der mit Wasserdämpfen möglichst gesättigten Temperatur auf die Wände des Gefäßes ist dann gleich der Summe der Spannkräfte der Luft und des Wasserdampfs bei der vorhandenen Temperatur. Nur geht die Erzeugung der Dämpfe im luftleeren Raume viel rascher vor sich, als in dem lufthaltigen, so daß also die Dämpfe in einem luftleeren Raume schneller das Maximum ihrer Spannkraft erreichen, als im lufthaltigen, wenn in beide Räume ein wenig Wasser gebracht wird.

Da die §. 301 aufgeführten Maxima der Spannkräfte des Wasserdampfs genau dieselben bleiben, wenn der Wasserdampf sich mit atmosphärischer Luft gemengt hat, so können die in der oben erwähnten Tafel verzeichneten Werthe auch dienen, um die Menge der in der Atmosphäre zur Zeit einer Beobachtung gerade vorhandenen Dämpfe zu bestimmen. Es kommt dabei auf Folgendes an.

Die atmosphärische Luft enthält in den meisten Fällen nicht so viel Wasserdampf, als sie im Verhältniß zu ihrer Temperatur aufnehmen könnte; es befinden sich also die in ihr enthaltenen Dämpfe in den meisten Fällen nicht auf dem Maximum ihrer Spannkraft. Erniedrigt man die Temperatur eines in der Luft befindlichen Körpers allmählig, so wird sich auch die in

der Umgebung desselben befindliche Luft nebst dem in ihr enthaltenen Wasserdampfe zu gleicher Temperatur abkühlen. Durch diese Temperaturerniedrigung nähert sich aber die Spannkraft des Wasserdampfs immer mehr und mehr ihrem Maximo, und erreicht es endlich, wenn die Erniedrigung einen gewissen Grad überschritten hat. Wird die Erniedrigung der Temperatur noch weiter fortgesetzt, so muß sich der Wasserdampf auf dem festen Körper niederschlagen. Läßt man die Temperatur des Körpers nur sehr langsam sinken, und besitzt der Körper eine metallisch glänzende Oberfläche, so kann man bei dem oben angeführten Versuche den Augenblick des ersten Beschlagens der metallischen Oberfläche mit einer Wasserschichte sehr gut wahrnehmen, und wenn man die Temperatur des Körpers in diesem Augenblicke kennt, dadurch diejenige Temperatur erfahren, bei welcher die in der Atmosphäre vorhandenen Dämpfe auf ihrem Maximo von Spannkraft sich befinden. Aus dieser Temperatur erhält man dann mit Hülfe der §. 301 mitgetheilten Tafel die Spannkraft der an dem Beobachtungsorte vorhandenen Dämpfe. Die in jener Tabelle enthaltenen Werthe geben jedes Mal an, wie viel Linien Quecksilber der an dem Beobachtungsorte vorhandene Wasserdampf im Gleichgewichte halten würde.

Gesetzt, es fände sich, daß der sich abkühlende Körper gerade bei einer Temperatur von 8^0 mit einer Wasserschicht beschlüge, so hätten die in der Luft vorhandenen Dämpfe bei einer Temperatur von 8^0 das Maximum ihrer Spannkraft erreicht; es würde also nach der erwähnten Tafel die Spannkraft dieses Wasserdampfes $7{,}96^{mm}$ sein.

§. 314. Die Instrumente zur Bestimmung des Wasserdampfes in der Luft heißen Hygrometer. Daniell hat, gestützt auf das Vorhergehende, ein einfaches Instrument angegeben. Das Daniell'sche Hygrometer, Fig. 192, besteht aus einer Glasröhre A B C D, an welche bei A und D zwei Kugeln angeblasen sind. In der Röhre A B befindet sich die Skale eines Thermometers b, dessen Kugel a bis in die größere Kugel A hinabreicht; die Skale und Röhre des Thermometers a b darf aber nicht den ganzen innern Raum der Röhre A B ausfüllen. In der Kugel A befindet sich etwas Aether, und beide Kugeln A und D, nebst der Röhre A B und B C sind dadurch möglichst von Luft befreit, daß man nach dem Einfüllen den Aether zum Sieden erhitzte, so daß die Dämpfe desselben mit Heftigkeit zu der noch offenen Spitze C ausströmten, und nach einige Zeit unterhaltenem Sieden die Oeffnung bei E zuschmolz. Die Kugel D wird mit etwas Mousselin umwunden, und an der Kugel A wird ein ein paar Linien breiter Streif g h l m ringsum vergoldet.

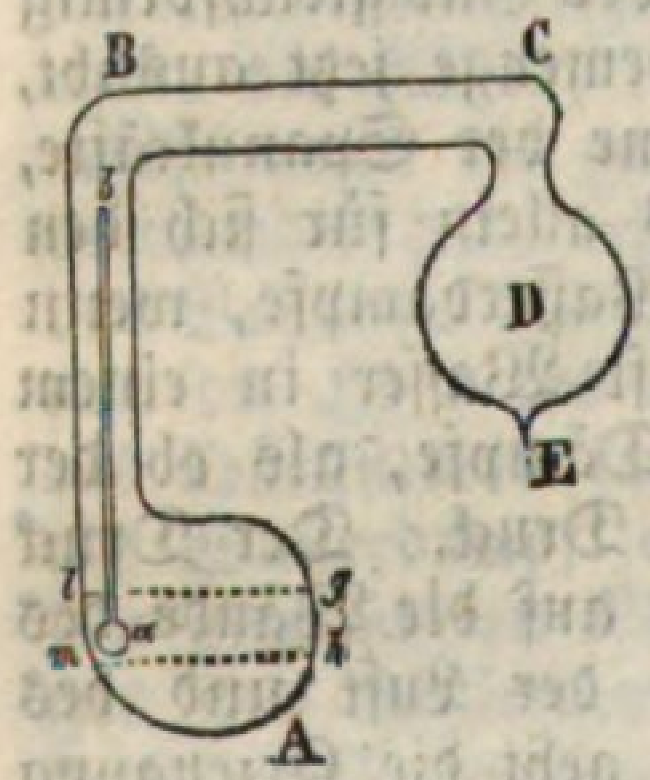


Fig. 192.

Tröpfelt man nun etwas Aether auf den Mousselin, so wird dieser verdampfen, und dadurch die Kugel D abkühlen. Die erkälteten Wände der Kugel schlagen dann die im Innern mit ihnen in Berührung kommenden Aetherdämpfe nieder. Da aber der Aether in der Kugel A wärmer ist, so bilden sich hier neue Dämpfe, die ebenfalls wieder zum Theil in D niedergeschlagen werden u. s. w. Durch die in A erfolgende Dampfbildung muß der in A befindliche Aether, und hiemit auch die Kugel des Thermometers und die Glaswand der Kugel A gleichmäßig sich abkühlen; die Kugel A ist schief an der Röhre A B angeblasen, damit die Kugel a des Thermometers nahe an der Glaswand liegt, und also mit dieser möglichst die

gleiche Temperatur besitzt. Beobachtet man nun während der Abkühlung genau den vergoldeten Streifen der Kugel A, so wird er plötzlich beschlagen; in diesem Augenblicke liest man die Temperatur des Thermometer a b ab, und bestimmt nach der Tafel §. 301 die zu dieser Temperatur gehörige Spannkraft der in der Atmosphäre vorhandenen Dämpfe. — Das Instrument ist mit der horizontalen Röhre B C in der Hülse eines Stativs drehbar befestigt; zur Anstellung eines neuen Versuchs gießt man durch Umkehren und Neigen den aus A nach D überdestillirten Aether wieder nach A zurück.

Um den Verbrauch des Aethers zu vermeiden, hat Regnault einen andern, einfachern Apparat angegeben. Man läßt sich ein kleines cubisches Gefäß von sehr dünnem Silberblech anfertigen, und die Flächen desselben gut poliren; man befestigt die Kugel eines Thermometers in demselben, füllt es mit Weingeist, und treibt durch einen Blasebalg oder auch durch gleichmäßiges Blasen mit dem Munde einen Luftstrom mittelst angebrachter Röhren durch den Weingeist. In Folge der hieraus entstehenden Dampfbildung sinkt die Temperatur des Weingeistes und des silbernen Gefäßes; man sucht genau den Augenblick wahrzunehmen, in welchem das Gefäß beschlägt, liest dann an dem Thermometer die zugehörige Temperatur ab, und sucht die zu dieser gehörige Spannkraft aus der Tafel §. 301.

§. 315. Ein anderes Mittel zur Bestimmung der in der Atmosphäre enthaltenen Dampfmenge gewährt das sogenannte Psychrometer von August. Man bringt an einem Stative zwei Thermometer an, umwickelt die Kugel des einen mit einem Stückchen Mousselin, und läßt das untere Ende desselben in ein mit destillirtem Wasser gefülltes Gläschen herabhängen. Dadurch erhält sich der Mousselin, auch wo er die Kugel des Thermometers umgibt, immer feucht. Die Verdampfung des Wassers erzeugt Kälte, und zwar um so mehr, je rascher sie erfolgt; es muß deßhalb das feuchte Thermometer tiefer stehen als das trockene, und die Differenz zwischen beiden Thermometerständen um so größer werden, je weniger die Luft schon Dämpfe enthält, je niedriger der Barometerstand und je höher die Temperatur der Luft ist, weil durch alle diese Umstände die Bildung der Dämpfe beschleunigt wird. Ist t die Temperatur des trockenen, und t' die des nassen Thermometers, b der Barometerstand zur Zeit der Beobachtung (in Pariser Linien), e' die Spannkraft des Dampfes bei der Temperatur t', und E die Spannkraft der in der Atmosphäre vorhandenen Dämpfe, so ist

$$E = e' - 0{,}000804\,(t - t')\,b.$$

Ist die Temperatur der Luft unter 0°, und die Kugel des Psychrometers nicht mit Wasser, sondern mit einer Eisschichte bedeckt, so muß auch die latente Wärme des Wassers berücksichtigt werden, und man erhält die Spannkraft E der in der Atmosphäre vorhandenen Dämpfe durch die Formel $E = e' - 0{,}000750\,(t - t')\,b$.

§. 316. Auf den so eben angegebenen Wegen erfährt man den Druck des Dampfes, gemessen durch die Länge einer Quecksilbersäule, welche ihm das Gleichgewicht zu halten vermag. Daraus läßt sich aber auch finden, wie viel Wasserdampf dem Gewichte nach sich in einem bestimmten Volumen Luft, z. B. in 1 Cubikfuß befindet. Denn da man nach §. 311 die Dichtigkeit und damit auch das specifische Gewicht des Wasserdampfes bei einer Temperatur von 100° und unter einem Drucke von einer 28 Zoll langen Quecksilbersäule kennt, so läßt sich das specifische Gewicht desselben für jede andere Temperatur und andern Druck, also auch für die durch obige Versuche gegebenen, berechnen. Durch Multiplication des specifischen Gewichtes

mit dem Volumen (§. 57) erhält man das absolute Gewicht des in diesem Volumen enthaltenen Wasserdampfes.

Das Gewicht des in einem bestimmten Volumen Luft enthaltenen Wasserdampfes kann man auch auf folgende Weise direct finden. Man läßt ein gemessenes Quantum der zu untersuchenden Luft durch eine Uförmig gebogene Röhre gehen, welche kleine, mit concentrirter Schwefelsäure befeuchtete Bimssteinstückchen enthält. (Die Schwefelsäure muß durch Kochen in einem Platintiegel möglichst von Wasser befreit, und die Bimssteinstückchen zuvor mit etwas Schwefelsäure erhitzt werden.) Am leichtesten mißt man das durch die Röhre gegangene Luftquantum, indem man das eine Ende der Röhre mit dem obern Ende eines Wasser enthaltenden Gefäßes luftdicht verbindet; läßt man dann durch einen in der Nähe des Bodens angebrachten Hahn ein bestimmtes Maaß Wasser ausfließen, so tritt durch die Röhre ein gleiches Quantum Luft oben in das Gefäß. Die Schwefelsäure zieht mit großer Begierde Wasserdämpfe an, und befreit also auch die durch die Bimssteinstücke hinstreichende Luft gänzlich von ihren Dämpfen, nur darf das Durchströmen der Luft, und ebenso der Ausfluß des Wassers nicht zu stark sein. Hat man die Röhre mit den durch Schwefelsäure angefeuchteten Bimssteinstückchen vor dem Durchströmen der Luft gewogen, und wiegt sie nach demselben wieder, so wiegt sie mehr, und zwar gerade so viel, als der in der durchgegangenen Luft enthaltene und von der Schwefelsäure absorbirte Wasserdampf beträgt. Aus dem durch diese Wägung bestimmten Gewichte läßt sich dann umgekehrt auch wieder der Druck des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes finden.

§. 317. Während bis jetzt die wirklich in der Atmosphäre vorhandene Menge des Wasserdampfes (absolute Dampfmenge) bestimmt wurde, könnte man auch die Frage stellen, wie viel Wasserdampf vorhanden sei, im Verhältniß zu derjenigen Menge, welche bei der gerade stattfindenden Temperatur vorhanden sein könnte. Um Brüche zu vermeiden, setzt man diejenige Dampfmenge, welche die Luft völlig sättigen würde, = 100; man soll also jetzt angeben, wie viel von dieser Menge (also wie viel Procente) an Wasserdampf wirklich vorhanden ist. Diese Verhältnißzahl der wirklich vorhandenen Dampfmenge zu derjenigen, welche im Falle der Sättigung bei derselben Temperatur in der Luft enthalten sein würde, oder die obige Procentzahl, nennt man die relative Dampfmenge oder die F e u c h t i g k e i t. Hat man die absolute Dampfmenge e auf eine der vorhin angegebenen Weisen bestimmt, so sucht man die Dampfmenge E, welche bei der Temperatur der Atmosphäre vorhanden sein könnte, einfach aus der oben §. 301 mitgetheilten Tafel (indem man die neben der gegebenen Lufttemperatur stehende Zahl nimmt) und dividirt e durch E; $\frac{e}{E}$ ist die relative Dampfmenge, die, um Brüche zu vermeiden, noch mit 100 multiplicirt wird. Gesetzt, es sei die Lufttemperatur 20°, so könnte bei derselben im Maximum eine Dampfmenge $E = 17{,}40$ Linien (Quecksilberdruck) vorhanden sein; hat man nun durch den Versuch die absolute Dampfmenge $e = 12{,}68$ Linien gefunden, so ist die relative Dampfmenge oder die Feuchtigkeit $= \frac{e}{E} 100 = \frac{12{,}68}{17{,}40} 100 = 73$.

Im Sommer ist die absolute Dampfmenge bedeutend größer als im Winter. Da aber bei hoher Lufttemperatur viel Wasserdampf in der Atmosphäre aufgelöst sein kann, ehe der Sättigungspunkt erreicht wird, so

wird dessen ungeachtet die relative Dampfmenge oder die Feuchtigkeit wegen der niedrigen Temperatur im Winter größer sein als im Sommer.

§. 318. Von der Feuchtigkeit der Luft hängen die Veränderungen ab, welche durch den Wasserdampf in manchen organischen Körpern hervorgebracht werden. So verändert z. B. ein Haar, ein Stück quer auf die Fasern geschnittenes Holz oder Fischbein seine Länge durch den Einfluß der Feuchtigkeit. Man kann sich deßhalb auch dieser Körper bedienen, um unmittelbar die Feuchtigkeit der Luft zu bestimmen. Saussure construirte ein Hygrometer aus einem Menschenhaare, de Luc aus einem Streifen quer auf die Richtung der Fasern geschnittenen Fischbeins; nur das erstere ist genauen Untersuchungen unterworfen worden. Das von einem lebenden Menschen genommene Haar wird durch Aether oder durch Kochen mit einer schwachen Lösung von kohlensaurem Natron von seinem Fette befreit, mit seinem einen Ende oben bei E, Fig. 193, an einem etwas verschiebbaren Theile befestigt, und mit seinem andern Ende um die mit einem Zeiger F G, und einem kleinen Gegengewichte H versehene Rolle F geschlungen. Wenn das Haar durch den Einfluß der Feuchtigkeit seine Länge ändert, so wird der Zeiger seinen Stand über der Skale G ändern.



Fig. 193.

Um dieses Hygrometer zu graduiren, stellt man es in ein oben durch eine Glasplatte genau verschließbares Glasgefäß, das auf seinem Boden etwas concentrirte Schwefelsäure, die durch Kochen von allem überschüssigen Wasser befreit ist, enthält, und läßt es so lange in demselben, bis der Zeiger eine feste Stellung eingenommen hat. Den durch denselben bestimmten Punkt der Skale bezeichnet man mit 0. Nach Entfernung der Schwefelsäure gießt man ein wenig Wasser in das Gefäß, hängt das Hygrometer wieder hinein, und verschließt es. Nach einiger Zeit wird der Zeiger wieder eine feste Stellung angenommen haben; den ihr entsprechenden Punkt der Skale bezeichnet man mit 100. Den Raum zwischen 0 und 100 theilt man dann in 100 gleiche Theile. Verfertigt man mehrere dieser Hygrometer und vergleicht ihren Gang mit einander, so findet keine völlige Uebereinstimmung statt; bei Instrumenten, deren Haare auf gleiche Weise von ihrem Fette befreit wurden, sind jedoch diese Verschiedenheiten wenig bedeutend.

§. 319. Es ist eine sehr bekannte Erfahrung, daß die Wärme sich von heißen Körpern aus auf ähnliche Weise, wie das Licht durch die Luft hin verbreitet; man nennt die auf diese Weise sich ausbreitende Wärme sehr bezeichnend die strahlende Wärme. Eine genauere Untersuchung hat nun nachgewiesen, daß diese strahlende Wärme im Allgemeinen wirklich den Gesetzen folgt, welche früher für das Licht aufgestellt wurden.

Die Wärme verbreitet sich nämlich in geraden Linien (Wärmestrahlen), und wird von polirten Flächen genau so reflectirt, wie das Licht, d. h. der Einfallswinkel der einfallenden Wärmestrahlen ist dem Zurückwerfungswinkel gleich. Die Wärmestrahlen müssen also durch einen Hohlspiegel sich gleich den Lichtstrahlen in einen Brennpunkt (daher eben der Name für diesen Punkt) vereinigen lassen. Man kann mit Hülfe solcher Hohlspiegel durch die Concentration der Sonnenstrahlen eine bedeutende Temperatur und selbst in einer Entfernung von vielen Fußen erzeugen. Ja man braucht dazu nicht einmal einen parabolisch oder sphärisch geschliffenen Spiegel; es genügt, daß man kleine Planspiegel in der Form einer Kugeloberfläche an einander setzt.

Stellt man zwei gleich große Hohlspiegel (Brennspiegel) A und B, Fig. 194, einander in einiger Entfernung gerade gegenüber, und befestigt in dem Hauptbrennpunkte des Hohlspiegels A die Kugel eines Thermometers C, während man in den Hauptbrennpunkt des zweiten Hohlspiegels B einen erhitzten Körper D bringt, so wird das Thermometer C steigen, auch wenn die Kugel C gegen die unmittelbare Einwirkung der von dem heißen Körper D ausgehenden Wärmestrahlen durch einen dazwischen gestellten kleinen Schirm E geschützt wird. Die aus dem Brennpunkte D auf den Spiegel B auffallenden Wärmestrahlen D G, D L u. s. w. werden nämlich von dem Spiegel B parallel zurückgeworfen, treffen parallel auf den andern Spiegel A und vereinigen sich in dessen Brennpunkte C. — Da jeder Körper Wärme ausstrahlt, so kann sich das Gleichgewicht der Wärme zwischen dem in einem Raume befindlichen Körpern nur dadurch erhalten, daß jeder gerade so viel Wärme ausstrahlt, als er von seiner Umgebung wieder erhält. Strahlt er mehr aus, als er erhält, so erniedrigt sich seine Temperatur, strahlt er weniger aus, als er erhält, so erhöht sich seine Temperatur. Daraus erklärt sich auch ganz einfach, daß das Thermometer in C sinkt, wenn nach D anstatt des erhitzten Körpers ein Stückchen Eis gebracht wird; es strahlt nämlich die Kugel C durch die Reflexion an den beiden Spiegeln mehr Wärme gegen das in D befindliche Eis aus, als das Eis D auf demselben Wege rückwärts gegen die Kugel des Thermometers C. Um kleine Mengen strahlender Wärme wahrzunehmen, bedient man sich nicht eines gewöhnlichen Quecksilberthermometers, sondern des viel empfindlichern §. 282 beschriebenen Luft enthaltenden Differentialthermometers. Für viele Versuche reicht aber auch dieses letztere Instrument nicht aus, und in solchen Fällen ist der sogenannte Mellonische Thermomultiplicator ganz unentbehrlich; derselbe wird später in dem Abschnitte über Electricität beschrieben werden. Mit Hülfe dieses so außerordentlich empfindlichen Instrumentes hat Melloni eine große Anzahl von Versuchen über die strahlende Wärme angestellt.

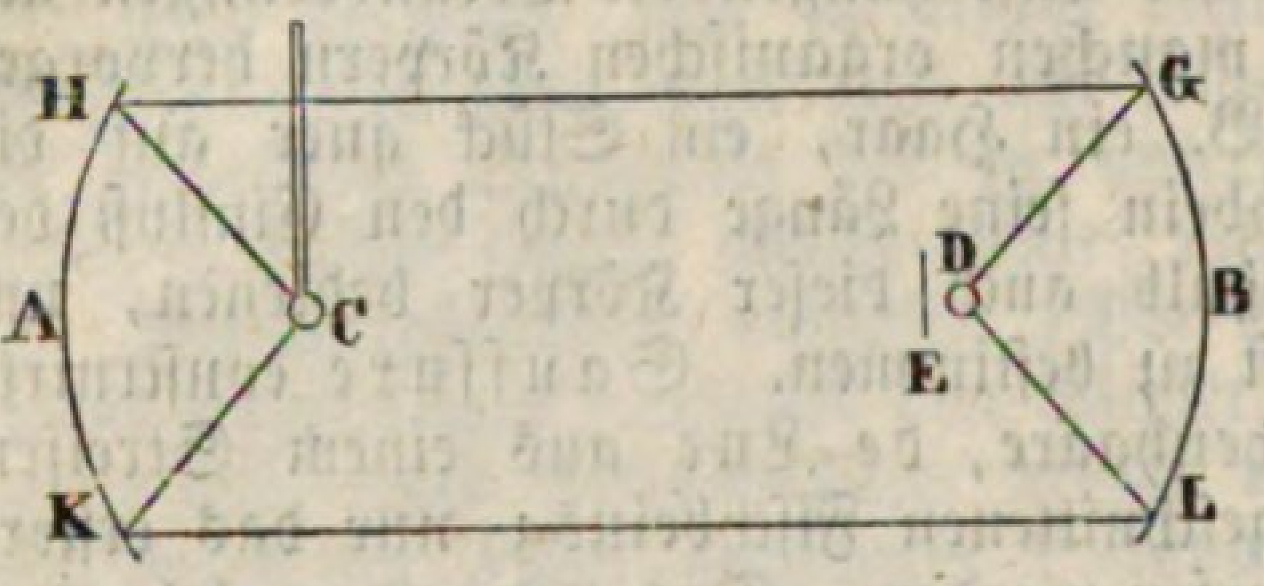


Fig. 194.

§. 320. Durch Anwendung dieses Thermomultiplicators läßt sich leicht nachweisen, daß die Wärmestrahlen bei ihrem Durchgange durch andere Körper ähnlich wie die Lichtstrahlen gebrochen, und daß sie ferner durch Brechung in einem dreiseitigen Prisma ebenfalls wie die Sonnenstrahlen, Fig. 161, zu einem Wärmespectrum ausgedehnt werden. Läßt man Sonnenlicht auf ein Steinsalzprisma fallen, so erhält man ein Wärmespectrum, welches viel breiter ist, als das Lichtspectrum; noch außerhalb der rothen und violetten Farbenräume des Lichtspectrums gibt es Wärmestrahlen, ja das Maximum der Wärme in diesem Spectrum liegt nicht einmal innerhalb des Lichtspectrums, sondern noch etwas jenseits der rothen Grenze desselben. So wie es verschieden brechbare (farbige) Lichtstrahlen gibt, gibt es also auch verschieden brechbare Wärmestrahlen, und man kann von verschiedenfarbigen Wärmestrahlen analog den verschiedenfarbigen Lichtstrahlen reden.

Steinsalz ist der einzige bis jetzt bekannte Körper, der sich gegen die verschiedenen Wärmestrahlen genau so verhält, wie ein klares, farbloses Glas gegen die Lichtstrahlen, d. h. alle Wärmestrahlen in gleichem Maaße

hindurchläßt. Alle übrigen Körper verhalten sich gegen die strahlende Wärme, wie farbige Mittel gegen das Licht; sie absorbiren fast sämmtlich vorzugsweise die weniger brechbaren Wärmestrahlen (also das rothe Ende des Wärmespectrums). Untersucht man das Wärmespectrum, das durch ein Prisma aus Wasser, Glas u. s. w. gebildet wird, so muß sich in Folge dieser stärkern Verschluckung der weniger brechbaren Wärmestrahlen die Ausdehnung dieses Spectrums und die Vertheilung der Wärme in demselben (oder die Lage des Maximums) nach dem angewendeten Stoffe abändern; das Maximum der Wärme wird sich nach dem violetten Ende hin verschieben.

Die Wärme, welche aus verschieden heißen Körpern ausströmt, unterscheidet sich durch ihre Brechbarkeit; je heißer die Quellen sind, aus welchen die Wärme ausstrahlt, desto brechbarer (also violetter im Vergleich mit dem Lichte) ist die Wärme, je weniger heiß diese Quellen sind, desto geringer ist ihre Brechbarkeit. Melloni hat besonders vier Wärmequellen von verschiedener Temperatur bei seinen Untersuchungen angewendet: die Flamme einer Lampe, eine über einer Spirituslampe glühende Platinspirale, ein bis zu 400° erhitztes Kupferblech, und ein geschwärztes bis zur Siedehitze (100°) erhitztes Gefäß von Messingblech.

§. 321. Je brechbarer die Wärmestrahlen sind, desto leichter durchdringen sie, wie schon vorhin angegeben wurde, im Allgemeinen die Körper. Die Wärmestrahlen durchdringen die verschiedenen Körper aber ferner um so leichter (d. h. werden weniger absorbirt), wenn sie schon vorher eine Schicht desselben oder eines andern Körpers durchdrungen haben.

Läßt man Wärmestrahlen durch eine Platte aus reinem, klarem Steinsalze gehen, so dringen, wenn man die auf die Platte einfallenden Strahlen (oder ihre Intensität) = 100 setzt, stets 92 durch die Platte hindurch, welche Dicke diese letztere auch besitzen mag. Die fehlenden 8 Strahlen gehen folglich nicht in der Masse des Steinsalzes, sondern durch die Reflexion an der Vorder- und Hinterfläche der Platte verloren. Anders ist es aber z. B. beim Glase; zwei Stücke derselben Glassorte von verschiedener Dicke lassen von 100 Wärmestrahlen nicht gleich viel Wärme hindurch, das dünnere läßt mehr hindurch als das dickere, aber der Verlust wird bei zunehmender Dicke der Platte immer geringer, je dicker die Platte schon ist, also einen je längern Weg das Licht schon in dem Glase zurückgelegt hat.

Ebenso hält auch eine Glasplatte weniger Strahlen zurück, wenn die Strahlen schon vorher durch einen andern Körper, z. B. durch eine Alaunplatte hindurchgegangen sind. Wenn z. B. ein 8^{mm} dickes Glas von 100 Strahlen nur 34 hindurchläßt, wenn die Wärmestrahlen unmittelbar darauf fallen, so läßt dasselbe Glas, wenn man die Wärmestrahlen erst durch eine Alaunplatte gehen läßt, und die dann auf die angeführte Glasplatte auffallenden Wärmestrahlen = 100 setzt, von diesem 100 noch 90 durch, also beinahe so viel als das Steinsalz. Aber alle diese Verhältnisse ändern sich auch wieder mit der Temperatur der Wärmequellen (also der größern oder geringern Brechbarkeit der Wärmestrahlen).

Das Vermögen der Körper, Wärmestrahlen durchzulassen, steht in keiner Beziehung zu dem Vermögen, die Lichtstrahlen durchzulassen. Diejenigen Körper, welche die Wärmestrahlen hindurchlassen, also gewissermaßen für die Wärme durchsichtig sind, hat Melloni diathermane, diejenigen, welche für die Wärmestrahlen undurchdringlich sind, athermane Körper genannt. Die Eigenschaft der ersteren, gewisse Wärmestrahlen vorzugsweise zu absorbiren und andere vorzugsweise hindurchzulassen, hat er Diathermansie genannt.

Die Wärmestrahlen lassen sich ferner, wie Forbes nachwies, analog den Lichtstrahlen polarisiren, und zwar kann die Polarisation erzeugt werden durch Brechung in Säulen aus sehr dünnen Glimmerblättchen (ähnlich wie bei dem Lichte durch Brechung im Glase (§. 259), oder auch durch die Doppelbrechung in einem Turmalin (vergl. §. 266). Es stellt sich bei diesen Versuchen aber deutlich heraus, daß die Wärmestrahlen aus verschiedenen Quellen ungleich polarisirt werden.

§. 322. Das Vermögen der Körper, die Wärme in Strahlen auszusenden, ist sehr verschieden, und größtentheils abhängig von dem Zustande ihrer Oberflächen. Wenn man das Ausstrahlungsvermögen für Kienruß = 100 setzt, so ist dasselbe für Bleiweiß ebenfalls 100, für Hausenblase = 91, für Tusch = 85, für Gummilack = 72, und für eine polirte Metallfläche = 12. Ein und dasselbe Metall strahlt aber um so stärker die Wärme aus, je geringer seine Dichtigkeit ist; eine gegossene Metallplatte besitzt ein etwas größeres Ausstrahlungsvermögen, als eine gewalzte oder gehämmerte (dichtere) Platte desselben Metalls. Ritzt man die Oberfläche einer gewalzten Metallplatte, so erhöht sich ihr Ausstrahlungsvermögen, weil durch das Ritzen die inneren, weniger dichteren Theile des Metalles bloßgelegt werden.

Alle Körper besitzen auch umgekehrt ein Absorptionsvermögen, d. h. das Vermögen, einen Theil der auf sie fallenden Wärmestrahlen zu absorbiren; die nicht absorbirten Strahlen werden an den polirten Oberflächen der Körper nach allen Richtungen hin zerstreut (Diffusion der Wärme). Kienruß ist ein Körper, der alle auf ihn fallenden Wärmestrahlen gleichmäßig und fast vollständig absorbirt; ist sein Absorptionsvermögen = 100, so beträgt es für Bleiweiß 53, für Hausenblase 52, für Tusch 96, für Gummilack 43, und für eine polirte Metallfläche 14. Die Absorption ist übrigens für die Strahlen aus verschiedenen Wärmequellen nicht gleich groß.

§. 323. Die Geschwindigkeit, mit welcher ein Körper seine Wärme ausstrahlt, läßt sich auf folgende Weise messen. Man bringt die etwas große Kugel eines Thermometers, nachdem sie auf eine bestimmte Temperatur erhitzt ist, in die Mitte einer größern kupfernen Kugel, welche auf ihrer Innenseite geschwärzt ist; man befestigt nämlich die Röhre des Thermometers in einer Hülse, die an der Oberfläche der kupfernen Kugel luftdicht eingesetzt wird. Die kupferne Kugel steht mit einer Luftpumpe in Verbindung, und kann durch dieselbe luftleer gemacht werden; um sie ferner stets auf gleicher Temperatur zu erhalten, ist sie in ein größeres, mit Wasser gefülltes Gefäß eingesetzt. Die im Mittelpunkte der kupfernen Kugel befindliche erhitzte Thermometerkugel sendet nun ihre Wärme in Strahlen auf die berußte innere Fläche des Kupfers; die letztere absorbirt dieselbe, und gibt sie durch das Kupfer an das außen befindliche Wasser ab. Diejenige Anzahl Grade nun, um welche das Thermometer in einer Minute sinkt, nennt man die Geschwindigkeit des Erkaltens. Newton glaubte annehmen zu können, daß die Geschwindigkeit des Erkaltens proportional sei mit dem Temperaturüberschusse des erhitzten Körpers über die umgebende Temperatur; aber aus den von Dulong und Petit angestellten Versuchen geht hervor, daß das Newton'sche Gesetz nur annähernd richtig ist, wenn der Temperaturunterschied nicht viele Grade beträgt, daß aber diese Geschwindigkeiten (oder Wärmeverluste des Körpers in einer Minute), wenn die Temperatur des Körpers viele Grade die Temperatur der Hülle (oder Umgebung) übersteigt, in einem stärkern Verhältnisse zunehmen, als wie diese Temperaturüberschüsse.

Der vorherbeschriebene Apparat läßt sich auch anwenden, wenn die Erkaltungsgeschwindigkeit nicht bloß durch Strahlung in einem luftleeren, sondern in einem mit atmosphärischer Luft oder anderen Gasarten angefüllten Raume geschehen soll; man füllt dann die zuvor leergepumpte kupferne Kugel mit dem zum Versuch bestimmten Gase. In diesem letzten Falle verliert dann die Kugel des Thermometers ihre Wärme nicht bloß durch die Strahlung gegen die berußte Kupferfläche, sondern auch durch Mittheilung an die Theilchen der Gase.

§. 324. Die Wärme verbreitet sich nicht bloß durch Strahlung, sondern wird auch im Innern der Körper fortgeleitet, vielleicht durch eine Strahlung von einem Körpertheilchen zum nächstanliegenden. Manche Körper leiten die Wärme mit großer Leichtigkeit in sich fort, während andere ihren Durchgang mehr oder weniger hemmen. Ein Silberdraht, der mit dem einen Ende in die Flamme einer Lampe gehalten wird, erwärmt sich auf eine ziemliche Strecke so weit, daß man ihn nicht mit der bloßen Hand halten kann, während eine Glasröhre, welche an einer Stelle zum Glühen erhitzt ist, fast dicht daneben mit den Fingern gehalten werden kann.

Um die Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle zu bestimmen, befestigte Ingenhouß in der Seitenwand eines mit heißem Wasser gefüllten Blechkastens gleich dicke, mit Wachs überzogene Drähte der verschiedenen Metalle. Die Wärme des Gefäßes theilte sich den zunächstliegenden Theilchen der Drähte mit, und wurde theils durch Ausstrahlung nach außen zerstreut, theils nach den weiterhin gelegenen Metalltheilchen fortgeleitet. Je besser nun ein Metall die Wärme leitet, desto weiter wird sich dieselbe in dem Drahte fortpflanzen, ehe sie sich durch die Oberfläche verliert, vorausgesetzt, daß man den Oberflächen der Drähte ein gleiches Ausstrahlungsvermögen gegeben hat. Die weitere Fortpflanzung der Wärme erkannte Ingenhouß in dem eben angeführten Versuche aus der Länge des Drahtes, in welcher das Wachs geschmolzen wurde.

Genauere Werthe über die Leitungsfähigkeit der Körper für die Wärme liefert das von Despretz angewandte Verfahren. Despretz nahm vierseitige, gleiche Form und Größe besitzende Stäbe der verschiedenen Metalle, und brachte in denselben in gleichen Abständen Vertiefungen an, in die er Quecksilber goß und Thermometer einsetzte. Den Oberflächen sämmtlicher Stäbe war durch Ueberziehen mit Ruß ein gleiches Ausstrahlungsvermögen ertheilt. Wenn nun das eine Ende dieses Stabes in einer constanten Wärmequelle so lange erhitzt wurde, bis alle Thermometer einen festen Stand angenommen hatten (meist nach zwei bis drei Stunden), so wurden diese Thermometerstände abgelesen. Das der Wärmequelle nächste Thermometer hatte natürlich den höchsten Stand. Aus den auf diese Weise bestimmten Temperaturen an den verschiedenen Stellen des Stabes läßt sich die Wärmeleitungsfähigkeit desselben berechnen; die Wärmeleitungsfähigkeiten verhalten sich nämlich wie die Quadrate der Entfernungen von der Wärmequelle, in welcher sich gleiche Temperaturüberschüsse über die umgebende Luft zeigen, vorausgesetzt, daß alle übrigen Umstände des Versuches gleich gemacht worden sind. Aus diesen Versuchen ergab sich die Wärmeleitungsfähigkeit für

Gold	1000	Eisen	374
Platin	981	Zink	363
Silber	973	Zinn	303
Kupfer	898	Blei	180

Die Leitungsfähigkeit der flüssigen und gasförmigen Körper ist sehr

gering, und ihre Bestimmung wird dadurch sehr schwierig, daß sich bei der Erwärmung der genannten Körper sogleich Strömungen bilden; die durch die Erwärmung leichter gewordenen Theilchen steigen in die Höhe, während die kälteren niedersinken. Bei dieser Bewegung mischen sich die wärmeren Theilchen zum Theil mit den kälteren, und diese letzteren werden dann durch Mittheilung von Seiten der zunächst liegenden wärmeren und nicht durch Fortleitung der Wärme von der Wärmequelle aus erwärmt. Man kann diese Strömungen, welche beim Erwärmen des Wassers entstehen, sehr leicht sichtbar machen durch in das Wasser geworfenes Bernsteinpulver, das bei fast gleichem specifischen Gewichte an den Bewegungen des Wassers Theil nimmt. — Die schlechte Leitungsfähigkeit der luftförmigen Körper benutzt man öfters zum Zurückhalten der Wärme, indem man die rasche Erneuerung der den warmen Körper umgebenden Luftschichte durch eine in einem gewissen Abstande angebrachte Hülle oder Wand u. s. w. verhindert, z. B. durch Doppelfenster, Doppelthüren u. s. f.

§. 325. Schon wiederholt ist erwähnt, daß die Sonnenstrahlen die von ihnen getroffenen Körper erwärmen; ob aber die von der Sonne ausgehenden Wärmestrahlen ganz eigenthümliche, den Lichtstrahlen gänzlich verschiedene Strahlen sind, oder ob die Lichtstrahlen bei ihrem Zusammentreffen mit den Körpern die Wärme erzeugen, läßt sich noch nicht mit völliger Gewißheit entscheiden. Nach einem über die Aberration der Wärmestrahlen von v. Wrede angestellten Versuche scheinen die Wärmestrahlen der Sonne eine etwas (um $^1/_6$) geringere Geschwindigkeit, als die Lichtstrahlen zu besitzen; diese Erscheinung würde für die Existenz besonderer wärmender Strahlen sprechen.

Die strahlende Wärme verhält sich, wie vorhin gezeigt wurde, dem Lichte so gleich, daß man geneigt ist, auch für sie eine ähnliche Theorie, wie für das Licht aufzustellen, und also die Wärme als Schwingungen der Theilchen aufzufassen. Gewöhnlich denkt man sich die Wärme als einen unwägbaren feinen Stoff, welcher sich mit den Körpern verbindet, und von ihnen wieder getrennt wird. Es ist nicht zu leugnen, daß sich diese Ansicht sehr leicht auf die früher erwähnten Thatsachen über die gebundene und specifische Wärme, anwenden, aber auch daß sie sich mit den Erscheinungen der strahlenden Wärme nicht gut vereinigen läßt. Auch die Erzeugung der Wärme und Kälte durch einen elektrischen Strom deutet wohl eine andere als stoffartige Natur der Wärme an.

§. 326. Außer den nebenbei schon erwähnten Wegen läßt sich noch Wärme durch Zusammenpressen fester und luftförmiger Körper erzeugen. Ein Stück gehämmertes Eisen erhitzt sich stark; nimmt man einen kleinen, messingenen oder gläsernen, an dem einen Ende verschlossenen Cylinder, und comprimirt durch Hineinstoßen eines genau anschließenden Stempels die in dem Cylinder enthaltene Luft, so entsteht eine so große Hitze, daß ein Stückchen Schwamm, welches an der untern Fläche des Stempels mittelst eines kleinen Häkchens befestigt ist, sich entzündet (pneumatisches Feuerzeug). In der gläsernen Röhre sieht man auch, ohne daß ein Stückchen Schwamm vorhanden ist, bei dieser Compression eine Feuererscheinung.

Durch die Reibung zweier Körper entsteht gleichfalls Wärme, und sie kann durch große Geschwindigkeit der einander reibenden Körper zu einem bedeutenden Grade gesteigert werden. Die zuletzt angeführten Erscheinungen weisen auf einen Zusammenhang der Wärme mit den sogenannten Molecularkräften hin.

Die zur künstlichen Erzeugung von Wärme gewöhnlich angewendeten

Verfahrungsarten gründen sich auf die Erzeugung und Unterhaltung gewisser chemischer Processe. Fast bei allen Verbindungen zweier Körper läßt sich eine Wärmeentwickelung leicht wahrnehmen. So ist es bekannt, daß wenn Schwefelsäure mit Wasser gemischt wird, eine bedeutende Erhöhung der Temperatur eintritt. Wenn man ein bestimmtes Quantum Wasser nicht auf einmal mit der Schwefelsäure mischt, sondern kleinere Theile dieses Quantums in so langen Zwischenzeiten, daß die Erwärmung durch den vorhergehenden Zusatz wieder verschwunden ist, so beträgt doch nach Heß die auf diese Weise nach und nach entwickelte Wärme gerade ebenso viel, als wenn das ganze Wasserquantum auf einmal zu der Schwefelsäure gebracht wird.

Es ist für die Chemie von Wichtigkeit, die Mengen der bei jeder Verbindung entwickelten Wärme genau zu untersuchen; diese Versuche erfordern aber zuvor noch andere über die Bestimmung der specifischen Wärme aller bei jedem chemischen Processe vorkommenden Verbindungen. Wenn sich eine Säure mit einer Basis verbindet, so entsteht eine große Menge Wärme, und dieselbe scheint bei der Verbindung verschiedener Säuren mit einer und derselben Basis ziemlich gleich zu sein, während diese Gleichheit bei der Verbindung verschiedener Basen mit einer und derselben Säure nicht gefunden wird. Neutrale Salze erzeugen bei ihrer Umwandlung in saure Salze durch Hinzufügung von Säure keine Wärme, wohl aber bei ihrer Umwandlung in basische Salze durch Zusatz einer neuen Menge der Basis. Bei der gegenseitigen Zersetzung zweier neutralen Salze wird keine Wärme frei.

§. 327. Der in der Praxis für die Erzeugung höherer Temperaturen allein angewendete Proceß ist die chemische Verbindung der Körper mit dem Sauerstoff, oder die Verbrennung. Es ist wichtig, diejenige Wärmemenge zu kennen, die bei der Verbrennung der einzelnen Stoffe frei wird. Man verbrennt bei den in dieser Absicht angestellten Versuchen abgewogene Quantitäten der Körper, und läßt die durch diese Verbrennung erhitzte Luft durch Kühlröhren, welche in einem Wasserbehälter liegen, hindurch gehen, um an das in demselben befindliche Wasser die Wärme abzugeben. Nach Dulong erzeugen folgende Körper die neben ihnen stehenden Temperaturerhöhungen.

Namen der verbrannten Körper.	Temperaturerhöhung, welche in 1 Kilogr. Wasser hervorgebracht wird durch die Verbrennung von 1 Gramme der Substanz.	Temperaturerhöhung, welche in 1 Kilogr. Wasser hervorgebracht wird durch 1 Gramme bei der Verbrennung verzehrten Sauerstoffs.	Namen der verbrannten Körper.	Temperaturerhöhung, welche in 1 Kilogr. Wasser hervorgebracht wird durch die Verbrennung von 1 Gramme der Substanz.	Temperaturerhöhung, welche in 1 Kilogr. Wasser hervorgebracht wird durch 1 Gramme bei der Verbrennung verzehrten Sauerstoffs.
Wasserstoff . .	34,60	4,32	Eisen	—	4,33
Sumpfgas . .	13,35	3,34	Zinn	—	4,53
Kohlenoxydgas .	2,49	4,36	Zinnoxydul . .	—	4,51
Oelbildendes Gas	12,20	3,56	Kupfer	—	2,59
Absoluter Alkohol	6,96	3,34	Kupferoxydul . .	—	2,18
Kohle	7,29	2,73	Antimon . . .	—	3,28
Terpentinöl . .	11,57	3,51	Zink	—	5,27
Schwefeläther .	10,04	3,88	Kobalt	—	3,98
Olivenöl . . .	9,86	—	Nickel	—	3,71
Schwefel . . .	2,60	2,60			

§. 328. Wenn der Sauerstoff zu einem verbrennenden Körper nicht hinreichend hinzutreten kann, so erzeugt sich bei der Verbrennung solcher organischen Körper, die zuvor erst zersetzt werden, Rauch; die Flamme kann dann aber auch nicht den höchsten Hitzgrad liefern, den sie bei hinreichender Sauerstoffmenge zu erreichen vermag. Man beschleunigt deßhalb den Zutritt der atmosphärischen Luft entweder durch Anwendung hoher Schornsteine, in welchen die wärmere und daher leichtere Luftsäule von der äußern, kältern Luft von unten nach oben verdrängt wird, oder durch Anlegung von Gebläsen (§. 169). Die Zuführung einer zu großen Menge Luft erniedrigt aber durch Fortführung eines Theiles der erzeugten Wärme die Temperatur wieder.



Fig. 195.

Die Flamme einer Kerze, Fig. 195, zeigt an ihrer Basis einen kleinen dunkelblauen Theil e a, der immer schmäler wird, je mehr er sich von dem Dochte e entfernt, und in a, wo die Seiten der Flamme gerade aufsteigen, ganz verschwindet. In der Mitte der Flamme bemerkt man einen dunkeln Theil e b, welcher die vom Dochte aufsteigenden, noch unverbrannten Stoffe enthält. Diesen dunkeln Raum umgibt der eigentliche leuchtende Theil der Flamme, der dann an seiner äußern Oberfläche wieder von einer dünnen, wenig leuchtenden, aber sehr stark erhitzten Hülle a a c umgeben ist; in dieser äußersten Hülle findet die vollständige Verbrennung der erzeugten Gasarten statt. Von der hohen Temperatur derselben kann man sich leicht mittelst eines quer durch die Flamme gehaltenen dünnen Platindrahtes überzeugen, man wird ihn in diesem äußersten, kaum sichtbaren Theile der Flamme vorzugsweise glühend finden; am stärksten glühet der Draht bei a a, wo der blaue Theil der Flamme aufhört, und in die schwach leuchtende äußere Hülle übergeht.

Bläst man durch eine enge Röhre g (Löthrohr) Luft in die Flamme, so ändert sich die Form und die Lage der vorhin angegebenen Theile. Vor der Oeffnung des Rohres erscheint eine lange und schmale, blaue Flamme d a, Fig. 196. Vor der Spitze der blauen Flamme bei a ist der heißeste Theil, der also gewissermaßen den in vorhergehender Figur 194 erwähnten ringförmigen, am stärksten erhitzten Gürtel a a in einem Punkte vereinigt enthält; daher erhöht sich die Temperatur der Flamme durch das Anblasen mittelst eines Löthrohres. Die so bedeutende Wirkung der in a erzeugten Hitze wird aber noch dadurch erhöht, daß die den Punkt a umgebenden Theile der Flamme die Abkühlung verhindern.

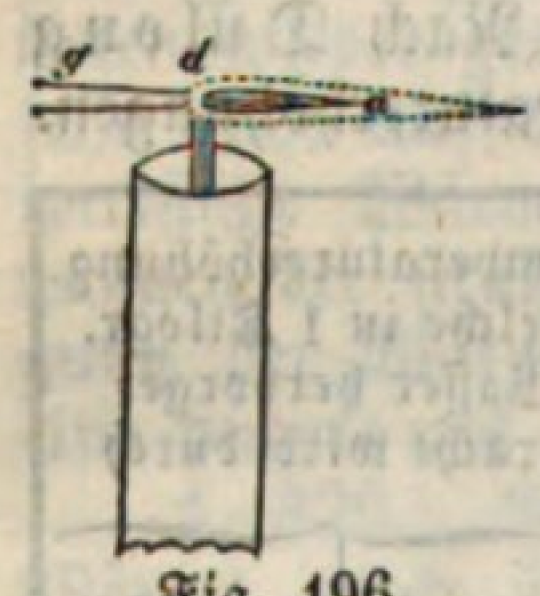


Fig. 196.

Die Leuchtkraft einer Flamme hängt davon ab, daß viele weißglühende Theilchen sich in der Flamme finden. Die Flamme des Leuchtgases leuchtet hell durch die in ihr ausgeschiedenen und zum Weißglühen erhitzten Kohlentheilchen. Die Flamme des verbrennenden Knallgases (Wasserstoff und Sauerstoff) leuchtet sehr schwach; wird aber durch dieselbe ein kleiner Kalkcylinder bis zum Weißglühen erhitzt, so entsteht ein höchst intensives Licht, welches man anstatt des Sonnenlichtes zur Beleuchtung der Gegenstände in dem Mikroskop anwendet.

Zwölfter Abschnitt.

Von dem Magnetismus.

§. 329. Das natürlich vorkommende Eisenoxydoxydul zeigt öfter die besondere Eigenschaft, Eisen, Stahl, Nickel u. s. w. anzuziehen. Man nennt diese Eigenschaft Magnetismus, und das erwähnte Mineral hat den Namen des Magnetsteines oder Magneteisensteines erhalten.

Diese magnetische Kraft läßt sich von dem Magnetsteine durch Berühren und Bestreichen auch auf Eisen, Nickel und Stahl übertragen; das weiche Eisen behält dieselbe aber nur so lange, als es in der Nähe des Magnetsteines bleibt, während der Stahl die einmal erlangte Kraft in einem bestimmten Grade auch nach der Entfernung des natürlichen Magnetsteines fast unverändert bewahrt. Zwischen den Erscheinungen, welche ein natürlicher und ein künstlicher Magnet (also ein Magnetstein und ein Stahlmagnet) darbieten, ist kein Unterschied, und es wird deßhalb in dem Folgenden für beide nur die einfache Bezeichnung Magnet angewendet werden.

Bestreut man einen Magnet mit Eisenfeile, oder legt ihn in dieselbe, so hängt sie sich an gewissen Stellen vorzugsweise an, während sie an den Theilen in der Mitte zwischen denselben nicht angezogen wird. Die Stellen, welche die stärkste Anziehung äußern, nennt man Pole des Magneten, die zwischen ihnen liegende Mitte die neutrale Linie. Sehr schön kann man die Pole wahrnehmen, wenn man den Magnet mit einem Blatte glatten Papiers bedeckt und auf letzteres feine Eisenfeile in kleinen Portionen streut; es ordnen sich die Theilchen der Eisenfeile dann in eigenthümlichen krummen Linien (magnetische Curven, magnetische Figuren) und sträuben sich dabei wie kleine Borsten von dem Papier aufwärts. Ebendasselbe gelingt, wenn der Magnet mit einer Glasplatte, oder mit einer Platte eines andern Stoffes (mit Ausnahme derer, welche von ihm angezogen werden) bedeckt wird; daraus folgt zugleich, daß die Kraft desselben durch Papier, Glas, Holz u. s. w. hindurchwirkt. Wenn der Magnet (wie es gewöhnlich der Fall ist) nur zwei Pole zeigt, so laufen die von dem einen Pole ausgehenden krummen Linien nach dem andern Pole hinüber.

§. 330. Hat ein solcher zweipoliger Magnet die Form eines Stabes, und hängt man ihn in der Mitte an einem oder mehreren Coconfäden auf, so wird derselbe nach einer Reihe von Schwingungen (nach Art eines Pendels, jedoch nicht in vertikaler, sondern in horizontaler Ebene) eine bestimmte Lage in Beziehung auf den Horizont annehmen, und in dieselbe jedes Mal wieder zurückkehren, wenn man ihn durch einen kleinen Stoß aus derselben entfernt hat. Anstatt den Magnet an Coconfäden aufzuhängen, kann man denselben auch auf eine vertikale Spitze aufsetzen, so daß er um dieselbe in horizontaler Ebene sich frei bewegen kann. Man wird finden, daß ein frei aufgehängter Magnetstab sich mit dem einen Pole ungefähr nach Norden, und mit dem entgegengesetzten ungefähr nach Süden wendet. Ein kleiner, auf eine der angegebenen Arten aufgehangener Magnet heißt eine Magnetnadel.

Der nach Norden gerichtete Pol heißt in Deutschland der Nordpol, der nach Süden gerichtete der Südpol.

Hängt man zwei Magnetstäbe auf, bestimmt auf die eben angegebene Weise ihre Nord- und ihre Südpole, und nimmt dann den einen derselben

in die Hand, während der andere noch aufgehangen bleibt, so zeigt sich, daß bei der Annäherung des zweiten Magnets der erste Magnet in Drehung versetzt wird, welche entweder eine Folge der Anziehung oder der Abstoßung der beiden einander am nächsten stehenden Pole ist. Bei genauerer Untersuchung ergibt sich, daß der Nordpol des beweglichen Magneten von dem genäherten Südpol des in der Hand gehaltenen angezogen, der Südpol des ersten aber von dem genäherten Südpol des zweiten abgestoßen wird. Nähert man den Nordpol des in der Hand gehaltenen Magneten, so zieht er den Südpol des freibeweglichen Magneten an, und stößt dessen Nordpol zurück. Verwechselt man die beiden Magnetstäbe, so bleiben die Erscheinungen genau dieselben. — Hieraus ergibt sich das einfache Gesetz: Die gleichnamigen Pole zweier Magnete stoßen einander ab, die ungleichnamigen ziehen sich gegenseitig an. Da der Nordpol des Magnetstabes nach Norden gezogen wird, so muß sich in der Nähe des geographischen Nordpols der Erde ein magnetischer Südpol, und aus gleichem Grunde in der Nähe des geographischen Südpols ein magnetischer Nordpol finden.

Während in Deutschland die Pole eines Magneten auf die eben angegebene Weise benannt werden, ist es in Frankreich gebräuchlich, den am geographischen Nordpole liegenden magnetischen Pol den nördlichen, und den am geographischen Südpol liegenden magnetischen Pol den südlichen Pol zu nennen. Ein an einem Coconfaden aufgehangener Magnetstab wendet sich nach dieser Bezeichnung also mit seinem südlichen Pol nach Norden und mit seinem nördlichen Pol nach Süden. Im Folgenden wird stets die Benennung der Pole auf die zuerst angegebene Weise geschehen.

§. 331. Man betrachtet gewöhnlich, nach Coulomb's Vorgange, den Magnetismus als eine Flüssigkeit, welche in den des Magnetismus fähigen Körpern vorhanden ist. Da nach dem Vorhergehenden zwei verschiedene Pole sich in jedem Magnet zeigen, so muß auch nach dieser Ansicht die magnetische Flüssigkeit aus zwei Flüssigkeiten von entgegengesetzter Natur bestehen. Sind diese beiden magnetischen Flüssigkeiten von einander getrennt, so erzeugt die eine den Südpol und die andere den Nordpol; das Eisen oder der Stahl, welcher diese beiden Flüssigkeiten getrennt enthält, ist magnetisch; sind aber die beiden entgegengesetzten Flüssigkeiten nicht getrennt, so neutralisiren sich ihre Wirkungen (heben sich auf), und das Eisen oder der Stahl erscheint nicht magnetisch.

Beide entgegengesetzte Flüssigkeiten haben, wie vorhin gezeigt wurde, eine gegenseitige Anziehung zu einander, während die gleichnamigen sich abstoßen; so lange also kein äußerer Antrieb vorhanden ist, werden die in jedem kleinsten Theilchen des Körpers in gleicher Menge vorhandenen entgegengesetzten Flüssigkeiten sich nicht trennen. Sobald aber von außen auf einer Seite eine Anziehung nur auf die eine Flüssigkeit ausgeübt wird, so werden beide getrennt, und der von ihnen auf diese Weise erfüllte Körper erscheint magnetisch. Da nun die nordmagnetische Flüssigkeit die südmagnetische anzieht, und die nordmagnetische abstößt, und umgekehrt, so werden, wenn z. B. der Nordpol eines Magnets dem einen Ende einer Eisenstange genähert wird, die beiden magnetischen Flüssigkeiten in der Eisenstange so getrennt, daß der Südmagnetismus sich nach der Seite des angenäherten Nordpols richtet, während der Nordmagnetismus sich von demselben abwendet; es muß also das dem Magnet nähere Ende der Eisenstange einen Südpol und das entgegengesetzte einen Nordpol zeigen. Entfernt man den Magnet, so treten die beiden magnetischen Fluida durch ihre gegenseitige Anziehung wieder in den ursprünglichen Zustand zurück, und das Eisen

erscheint wieder unmagnetisch. Eine umgekehrte Lage der Pole entsteht, wenn demselben Ende der Eisenstange nicht der Nordpol, sondern der Südpol des Magneten genähert wird.

§. 332. Man muß aber nicht glauben, daß in der Eisenstange, so lange sie in der Nähe des Magnets sich befindet, alle südmagnetische Flüssigkeit in die eine und die nordmagnetische in die andere Hälfte des Stabes übergegangen sei. Die so eben angegebene Vertheilung der beiden magnetischen Fluida unter Annäherung eines Magnetpoles geschieht vielmehr in jedem einzelnen kleinsten Theilchen; es findet kein Uebergehen der magnetischen Flüssigkeiten aus einem Theilchen in das nächstfolgende statt; nur in jedem einzelnen Theilchen richtet sich die südmagnetische Flüssigkeit nach der einen und die nordmagnetische nach der andern Seite hin. Durch das Zusammenwirken der südmagnetischen Flüssigkeit aller Theilchen entsteht in dem Ende des Eisenstabes, gegen welches sie gerichtet sind, ein Südpol, und in dem entgegengesetzten durch das Zusammenwirken der nach dieser Seite hin gerichteten nordmagnetischen Flüssigkeiten der einzelnen Theilchen ein Nordpol. Schneidet man den Eisenstab, während er unter dem Einflusse eines angenäherten Magneten noch selbst ein Magnet ist, in der Mitte durch, so zeigen beide Stücke nach der Entfernung des Magneten keinen Magnetismus weiter; es sind also in jeder Hälfte genau gleiche Mengen von beiden magnetischen Flüssigkeiten geblieben, und die Vertheilung der beiden magnetischen Flüssigkeiten hat nur in jedem einzelnen kleinsten Theilchen stattgefunden.

§. 333. Nimmt man zu den eben angeführten Versuchen anstatt des weichen Eisens eine gehärtete Stahlstange, so tritt die Vertheilung der beiden magnetischen Flüssigkeiten auf dieselbe Weise (wenn auch vielleicht langsamer und weniger stark) hervor. Entfernt man aber jetzt den Magnet, so verliert die gehärtete Stahlstange ihren Magnetismus nicht, wie vorhin die Eisenstange, sondern die Vertheilung der beiden magnetischen Flüssigkeiten bleibt in einer bestimmten Größe bestehen. Es muß also etwas vorhanden sein, was sich dieser Wiedervereinigung der beiden Magnetismen widersetzt, und eben dasselbe wird auch der ersten Trennung bei der Annäherung des Magneten hinderlich gewesen sein. Man bezeichnet diesen unbekannten Widerstand mit dem Namen der Coërcitivkraft. Nur aus solchen Substanzen, in welchen sie vorhanden ist, lassen sich dauernde Magnete verfertigen. Reines, weiches Eisen besitzt diese Coërcitivkraft nicht; sie läßt sich in demselben aber erzeugen, wenn es in einem gewissen Grade mit Kohle (Stahl) oder mit Sauerstoff (Magneteisenstein) verbunden wird. In geringem Maaße entsteht dieselbe auch schon, wenn man weiches Eisen hämmert, dreht u. s. w., so daß es härter wird.

Wenn man einen gehärteten Stahlstab durch Annäherung eines Magneten magnetisirt, so erhält nach dem Vorhergehenden dasjenige Ende desselben, welches man dem Nordpole genähert hat, einen Südpol, dasjenige, welches man dem Südpole des Magneten genähert hat, einen Nordpol. Ist z. B. A, Fig. 197, der Nordpol eines Magneten, und B C eine gehärtete Stahlstange, so erzeugt der Nordpol A in B einen Südpol, und in C einen Nordpol. Bricht man nun den Stahlstab B C, wenn er magnetisch geworden ist, in D entzwei, so ist nicht etwa die Hälfte D C ein bloßer Nordpol, sondern jede Hälfte hat ihren Nord- und ihren Südpol, indem an derjenigen Stelle D, die als die Mitte des Stabes zuvor keinen Magnetismus zeigte, sogleich zwei entgegengesetzte Pole N′ und S′ entstehen

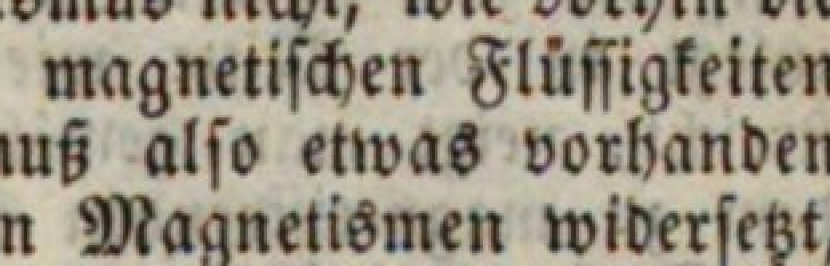


Fig. 197.

Dieser Versuch beweist also ebenfalls, daß die magnetische Vertheilung nur in jedem kleinsten Theilchen vor sich geht.

§. 334. Wenn man harte Stahlstäbe zu Magneten machen will, so genügt wegen der entgegenstehenden Coërcitivkraft nicht eine bloße Annäherung oder einmalige Berührung; soll der Stahlstab ein kräftiger Magnet werden, so muß er mit einem andern starken Magneten wiederholt gestrichen werden. Jeder Stahlstab vermag durch das Bestreichen mit einem andern Magnet nur einen bestimmten Grad von Magnetismus anzunehmen, und man sagt dann, wenn er diese Grenze erreicht hat, er sei gesättigt. Will man Stahlstäbe bis zur Sättigung magnetisiren, so muß man sehr kräftige Magnete anwenden. Bei kleineren (Nadeln) genügt oft schon ein einziger Strich mit dem Magneten längs der Nadel; bei größern Stäben muß aber dieses Bestreichen um so öfter wiederholt werden, je größer die Härte des Stahlstabes ist, ehe letzterer den höchsten Grad der Stärke erreicht. Durch ein solches einfaches Streichen des zu magnetisirenden Stabes mit dem Magnete bilden sich aber anstatt zweier Pole an den Enden, oft mehrere Nord- und Südpole in abwechselnder Folge in demselben. Man nimmt deßhalb nicht einen einzigen Pol zum Bestreichen, sondern wendet die beiden entgegengesetzten Pole zugleich an, und bestreicht mit ihnen gleichzeitig den zu magnetisirenden Stab (Doppelstrich), entweder so, daß man die beiden entgegengesetzten Pole in der Mitte des zu magnetisirenden Stabes aufsetzt, die Pole nach den entgegengesetzten Enden auf dem Stabe hinzieht, an den Enden abreißt, von Neuem in der Mitte aufsetzt u. s. w., oder daß man die beiden Pole in der Mitte des Stabes in der Entfernung von 3—4 Paar Linien aufsetzt, beide Pole in dieser gegenseitigen Entfernung nach dem einen Ende hinführt, von da, ohne sie abzuheben, wieder zurück den ganzen Stab entlang bis zum andern Ende, von diesem wieder zurück u. s. w., bis man sie zuletzt in der Mitte wieder abhebt. Die Magnetstäbe, mit denen man streicht, neigt man gewöhnlich, so daß sie einen Winkel von 20—30° mit dem zu magnetisirenden Stabe machen. Um die magnetische Vertheilung im Stabe zu beschleunigen und zu verstärken, legt man den zu bestreichenden Stab mit seinen Enden zwischen die entgegengesetzten Pole zweier anderer Magnete, so daß diese eine gleiche Vertheilung wie die streichenden Magnete hervorbringen. Man kann auch zwei gleiche Stahlstäbe zugleich magnetisiren, indem man sie parallel neben einander auf den Tisch legt, an den beiden Enden auf jeder Seite durch ein Stück weiches Eisen verbindet, und mit beiden entgegengesetzten Polen zweier Magnetstäbe streicht. Sehr häufig gibt man dem zu magnetisirenden Stahle die Form eines Hufeisens; dann liegen die beiden entgegengesetzten Pole eines und desselben Magneten neben einander, und man kann mit einem solchen Hufeisenmagnet ein anderes stählernes Hufeisen oder parallel neben einander liegende, und an den Enden durch vorgelegte Eisenstäbe verbundene Stahlstäbe auch so magnetisiren, daß man den einen Pol des hufeisenförmigen Magnetes auf den einen Schenkel des zu magnetisirenden Hufeisens (oder auf den einen Stab) und den andern Pol auf das andere aufsetzt. Man streicht von der einen Seite bis zur andern, hebt hier den Magnet ab, setzt ihn wieder an der ersten Seite auf u. s. f.; die beiden Enden des zu magnetisirenden Hufeisens müssen hiebei ebenfalls durch ein Eisenstück verbunden werden.

Um starke Magnete zu verfertigen, wendet man nicht einen einzigen (geraden oder hufeisenförmig gebogenen) Stab, sondern mehrere gut auf einander abgeschliffene an; sehr dicke Stahlstäbe lassen sich nämlich nicht in ihrer ganzen Dicke gleichmäßig härten. Besteht ein Magnet aus mehreren

neben einander liegenden Lamellen, so verbindet man wohl die gleichnamigen Enden derselben, welche den einen Pol bilden, durch ein Stück sehr weiches Eisen, und ebenso die entgegengesetzten Enden, welche den andern Pol enthalten. Die Eisenstücke enthalten unter dem Einflusse sämmtlicher Lamellen einen sehr starken Magnetismus. Man nennt dieselben Armaturen; bei Magneteisensteinen (meist würfelförmigen Stücken) wendet man diese Armaturen stets an, und sie bestehen in diesem Falle aus Eisenplatten, welche die beiden Seiten des Steines, auf denen die Pole liegen, bedecken, und an dem einen Ende in einen dickern Fuß auslaufen.

§. 335. Wenn ein Magnet ein Stück Eisen oder Stahl anzieht, so zieht er nicht das Eisen oder den Stahl an, sondern den im Eisen oder Stahl durch seine Annäherung erzeugten Magnetismus, und zwar zieht jeder Pol den entgegengesetzten an. Ein an beide Pole eines hufeisenförmigen Magneten angelegtes Stück weiches Eisen wird, weil beide Pole des Magneten auf die Vertheilung des Magnetismus im gleichen Sinne wirken, daher mehr als doppelt so stark an dem Magnete anhaften, als wenn es nur an einen Pol desselben allein angelegt wird. Man nennt ein solches genau auf die Pole eines Magneten abgeschliffenes Stück Eisen einen Anker, und bei Versuchen über die Last, welche ein Magnet zu tragen vermag, wird dieselbe an diesen beide Pole berührenden Anker angehangen. Unter Tragkraft eines Magneten versteht man, wenn nichts weiter hinzugefügt wird, eben das Gewicht, welches der Anker als Maximum noch zu tragen vermag, ohne von den Polen abzureißen; man kann aber natürlich ebenso gut auch die Tragkraft jedes einzelnen Poles für sich untersuchen, indem man die Last bestimmt, welche einen an ihn allein angelegten Anker eben noch abzureißen vermag.

Da jeder Pol des Magneten in dem an ihm liegenden Ende des Ankers den entgegengesetzten Magnetismus hervorruft, und von diesem auch wieder angezogen wird, so wird ein Magnet, wenn er durch Anker hinreichend geschlossen ist, seine Kraft erhalten, während er bis zu einem gewissen Grade an Kraft abnimmt, wenn man ihn ungeschlossen liegen läßt. Sehr schädlich auf die Kraft eines Magneten wirken Stöße und beträchtliche Temperaturveränderungen.

§. 336. Eine an einem Coconfaden aufgehangene Magnetnadel wird, wie früher angeführt wurde, durch die Wirkung des Erdmagnetismus stets in eine bestimmte Lage wieder zurückgezogen §. 330, und ist in dieser Hinsicht ganz dem gewöhnlichen Pendel, das durch die Schwere stets in vertikaler Richtung nach unten gezogen wird, zu vergleichen; nur geschehen die Schwingungen der Magnetnadel in der horizontalen Ebene, während die Schwingungen des Pendels in einer vertikalen erfolgen. Es werden also dieselben Gesetze, welche (§. 143) für die Pendelschwingungen gelten, auch für die Schwingungen der Magnetnadel ihre Richtigkeit behalten. Bezeichnet t die Dauer einer Schwingung, l die Länge der Nadel, und m die Größe der magnetischen Anziehung zwischen den Polen der Erde und der Nadel, so ist $t = 3{,}14 \sqrt{\frac{l}{m}}$, oder $t^2 = 9{,}86 \frac{l}{m}$. Haben die Buchstaben T, L, M dieselbe Bedeutung für eine zweite Magnetnadel, so ist $T^2 = 9{,}86 \frac{L}{M}$. Aus beiden Gleichungen erhält man die Proportion $T^2 : t^2 = \frac{L}{M} : \frac{l}{m}$.

Sind zwei völlig gleichgestaltete, aber ungleich stark magnetisirte

Magnetnadeln gegeben, so ist die Anziehung zwischen ihnen und den magnetischen Polen der Erde ebenfalls ungleich, es ist für dieselben zwar $L = l$, aber M nicht gleich m; die stärker magnetisirte Nadel wird stärker angezogen, und deßhalb auch ihre Schwingungen in kürzerer Zeit vollenden. Läßt man beide Nadeln an einer Stelle der Erde nach einander schwingen, so rührt, weil der Erdmagnetismus derselbe ist, die Verschiedenheit der anziehenden Kräfte M und m allein von der Verschiedenheit der Stärke beider Nadeln her; die Stärke derselben wird diesen Anziehungen M und m proportional sein. Hat man die Schwingungszeiten t und T durch den Versuch bestimmt, so erhält man aus der obigen Proportion (nach Weghebung der beiden für diesen Fall gleichen L und l) das Verhältniß zwischen der Stärke der beiden Nadeln $M : m = t^2 : T^2$.

§. 337. Aendert man die anziehenden Kräfte, welche die Magnetnadel beim Schwingen beschleunigen, M und m nicht durch Aenderung in dem Magnetismus der Nadel, sondern dadurch, daß man den von außen wirkenden Magnetismus der Erde z. B. durch einen in die Nähe der Nadel gebrachten Magnet verstärkt oder schwächt, so wird bei unveränderter Stärke der Nadel diese Vergrößerung oder Verringerung der beschleunigenden Kräfte allein von der Aenderung der von außen auf die Nadel wirkenden Kräfte abhängen, und mit dieser proportional sein. Es läßt sich daher das Verhältniß dieser von außen wirkenden magnetischen Kräfte aus den Schwingungszeiten der Nadel unter diesen abgeänderten Umständen ebenfalls mittelst der Proportion $M : m = t^2 : T^2$ berechnen.

Man legt bei dem eben angegebenen Versuche den Magnetstab genau in die Verlängerung der Magnetnadel, damit die Wirkung des Erd- und des Stabmagnetismus dieselbe Richtung haben. Entfernt man nun den Magnetstab, während er in der verlängerten Richtung der Magnetnadel bleibt, immer weiter von der Nadel, und bestimmt für jede gewählte Entfernung des Magnetstabes jedes Mal die Schwingungsdauer der Nadel, so bemerkt man, daß die Einwirkung des Magnetstabes mit der Entfernung sehr stark abnimmt; das Gesetz dieser Abnahme kann man aus den gefundenen Werthen der Schwingungszeiten und der gemessenen Entfernungen herleiten.

§. 338. Legt man den Magnetstab nicht genau in die verlängerte Richtung der Magnetnadel, so wird die Nadel, wenn sie zur Ruhe kommt, nicht genau wieder in die Lage zurückkehren, welche sie unter dem Einflusse des Erdmagnetismus allein einnimmt. Je nach der Stärke und Lage und Entfernung des Magnetstabes weicht sie mehr oder weniger aus der frühern Richtung ab. Auch aus der Größe dieser Abweichungen, welche die Nadel durch den in verschiedene Entfernungen gelegten Magnetstab erleidet, läßt sich die Abnahme der Wirkung der magnetischen Kraft herleiten. — Wendet man zu dieser Ablenkung der Nadel verschiedene starke Magnetstäbe unter sonst gleichen Umständen an, so läßt sich aus den Ablenkungen der Magnetnadel das Verhältniß zwischen der magnetischen Kraft der angewandten Magnete bestimmen.

Genaue Untersuchungen haben bewiesen, daß die Einwirkung eines magnetischen Theilchens auf ein anderes im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen beider steht, daß also bei der doppelt so großen Entfernung die Anziehung oder Abstoßung zwischen denselben nur $1/4$ so groß ist, als bei der einfachen Entfernung. Wenn man aber die Einwirkungen untersucht, welche zwei Magnetstäbe in verschiedenen Entfernungen auf einander ausüben, so stehen diese, wenn die Entfernung im Verhältnisse

zur Länge der Magnetstäbe hinreichend groß ist, nahe im umgekehrten Verhältnisse der dritten Potenzen der Entfernungen, weil die Wirkungen beider Pole in Betracht zu ziehen sind.

§. 339. Wird ein Magnet erwärmt, so vermindert sich seine Kraft; erkaltet er, so kehrt ein Theil der verlorenen Kraft wieder zurück, während ein anderer für immer verloren ist. Wird ein Magnet wiederholt bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmt, so geht bei jeder folgenden Erwärmung ein immer kleinerer Theil verloren. Bei der Erhitzung eines Magneten bis zur Glühhitze geht der in ihm vorhandene Magnetismus völlig verloren. Die Weißglühhitze nimmt sogar dem Eisen die Eigenschaft, magnetisch zu werden.

Morechini hatte Versuche über die Magnetisirung von Stahlnadeln durch die violetten Strahlen des Sonnenlichtes angestellt und günstige Resultate erhalten. Diese Versuche sind aber spätern Beobachtern nicht geglückt.

Eine Einwirkung des Magnetismus auf das Licht hat vor Kurzem Faraday entdeckt; bringt man nämlich eine mit einer beliebigen Flüssigkeit gefüllte Röhre, oder auch feste Körper, z. B. ein Stück Glas, vor die Pole eines Magneten (gleichsam als Anker), so entsteht in dieser Flüssigkeit, wenn sie in den Polarisationsapparat gebracht wird, eine circulare Polarisation, wie solche §. 271 angegeben ist. Diese Richtung der Drehung der Polarisationsebene ist aber allein abhängig von der Lage der Körper gegen die Pole. Geht der Lichtstrahl von dem Südpole zum Nordpole des Magneten, so erhält die Polarisationsebene eine Drehung rechtsum, geht er aber vom Nordpole zum Südpole, eine Drehung linksum. Am stärksten zeigt sich diese Drehung bei Zwischenstellung eines von Faraday dargestellten, borsaures Bleioxyd enthaltenden Glases (kieselborsaures Bleioxyd).

Faraday hat ferner auch gezeigt, daß der Magnetismus nicht nur auf Eisen und Nickel, die oben schon genannt wurden, sondern auch auf die folgenden Metalle: Kobalt, Mangan, Palladium, Platin und Osmium, ja daß der Magnetismus auch auf alle übrigen Körper wirkt, wenn gleich auf eine andere Weise. Während nämlich ein Eisenstäbchen von den Polen eines Magneten angezogen wird, und sich, wenn es an einem Coconfaden über den Polen eines Hufeisenmagnetes aufgehangen wird, in der Richtung von einem Pole zum andern stellt, so nehmen alle übrigen außer den vorhin genannten Körpern, z. B. ein Wismuthstäbchen, eine Stellung senkrecht auf die Verbindungslinie der beiden Pole an, wenn sie auf ähnliche Weise an einem Coconfaden aufgehangen werden. Es erfahren also diese Körper keine Anziehung, sondern vielmehr eine Abstoßung vom Magnet. Faraday gibt, von demjenigen angefangen, das am schwächsten wirkt, folgende Zusammenstellung einiger derselben: Arsen, Aether, Alkohol, Gold, Wasser, Quecksilber, Flintglas, Zinn, kieselborsaures Bleioxyd, Antimon, Phosphor, Wismuth. Faraday nennt diese Körper diamagnetische. Die Eisen-, Nickel- und Kobaltsalze sind meist magnetisch, wie ihre Metalle; bisweilen aber auch diamagnetisch, d. h. sie werden abgestoßen; z. B. Eisenvitriol wird angezogen, selbst in Wasser gelöst, Krystalle von gelbem und rothem Blutlaugensalz dagegen abgestoßen.

Für diese letzten Versuche sind sehr starke Magnete erforderlich, die sich nur mit Hülfe der galvanischen Ströme (s. folgenden Abschnitt) herstellen lassen.

§. 340. Schon aus der bestimmten Richtung, welche eine an einem Coconfaden oder auf einer Spitze aufgehangene Magnetnadel annimmt, wurde §. 330 geschlossen, daß die Erde selbst ein Magnet sei, der im

Norden Südmagnetismus und im Süden Nordmagnetismus zeige. Ebendasselbe ergibt sich auch aus den beiden folgenden Versuchen. Bringt man in dem Schwerpunkte einer nicht magnetischen gehärteten Stahlnadel eine Axe an, und legt die beiden Endpunkte dieser Axe so auf zwei horizontale Unterlagen, daß die Nadel sich in einer vertikalen Ebene, welche genau in der Richtung einer an einem Coconfaden aufgehangenen Magnetnadel liegt, drehen kann, so wird die Nadel, eben weil sie im Schwerpunkte unterstützt ist, in jeder Lage, die man ihr giebt, im Gleichgewicht sein (§. 44). Magnetisirt man dann diese Nadel, ohne sonst etwas an ihr zu ändern, so wird sie nicht mehr in jeder Lage stehen bleiben, sondern wird, wenn man den Versuch in der nördlichen Hälfte der Erde anstellt mit ihrem Nordpole, und in der südlichen Erdhälfte mit ihrem Südpole sich unter den Horizont stellen, und zwar im Allgemeinen um so tiefer, je weiter man von dem Aequator nach Norden oder Süden geht.

Bringt man einen Stab von weichem Eisen, der, horizontal in der Richtung von Ost nach West gehalten, keinen Magnetismus zeigt, wenn man ihn einer Magnetnadel nähert (d. h. beide Pole der Nadel anzieht, und keinen abstößt), in die Lage, welche durch die so eben beschriebene Magnetnadel angezeigt wird, so wird dieser Eisenstab durch den Einfluß des Erdmagnetismus sogleich magnetisch; da im Norden der Erde ein Südpol liegt, so muß das nach unten gewandte Ende des Stabes einen Nordpol, das obere dagegen einen Südpol zeigen. Drehet man den Stab in die horizontale Lage zurück, so ist er wieder unmagnetisch. Man braucht übrigens bei Anstellung dieses Versuches nicht ängstlich die angegebene Richtung zu suchen; ein Stab von weichem Eisen von 3—4 Fuß Länge zeigt sich bei uns sehr gut magnetisch, wenn er ungefähr in vertikaler Richtung gehalten wird.

§. 341. Bei genauer Bestimmung der Richtung, welche eine an einem Coconfaden aufgehangene Magnetnadel annimmt, zeigt sich, daß diese Nadel nicht an allen Orten genau nach Norden weist, sondern an den meisten Punkten der Erde entweder nach Osten oder nach Westen von der Richtung nach den geographischen Polen abweicht. Den Winkel, welchen die Magnetnadel mit der von Süden nach Norden gezogenen Linie oder mit der Ebene des Meridianes macht, nennt man die Declination oder die Abweichung der Magnetnadel; und eine solche, an einem Coconfaden aufgehangene Nadel heißt deßhalb auch eine Declinationsnadel. Verbindet man alle Punkte der Erde, in welchen die Nadel genau nach dem geographischen Nord- oder Südpol weist, zu einer Linie, so erhält man erstens eine um die Erde herumgehende Linie, nämlich von Nordamerika hinab nach Südamerika, durch den Südpol der Erde, durch Neuholland, Arabien, Persien, Rußland und durch den Nordpol wieder zurück nach Nordamerika, und zweitens eine kleinere, ebenfalls in sich selbst zurücklaufende (ovalförmige) in Ostsibirien, China und dem angrenzenden Meere. Außerhalb dieser beiden Linien weicht die Magnetnadel um so mehr von dem Meridian ab, je weiter man sich von ihnen entfernt; von der durch Amerika gehenden Linie ohne Abweichung nach Osten, also auf dem atlantischen Ocean und in Europa, ist die Abweichung der Magnetnadel westlich bis zu der durch Neuholland und Asien gehende Linie ohne Abweichung. Jenseits dieser letzten Linie ist dann überall die Abweichung östlich mit Ausnahme der kleinen von der zweiten Linie ohne Abweichung eingeschlossenen Fläche in Ostsibirien, China und dem angrenzenden Meere, innerhalb welcher die Abweichung wieder westlich ist. Verbindet man alle Punkte auf der Erde, wo die Abweichung

der Magnetnadel gleich groß ist (also z. B. wo sie 5° beträgt), mit einander, so erhält man auf der Erdoberfläche Linien, die man isogonische nennt.

Die Abweichung der Magnetnadel bleibt an einem Orte nicht dieselbe, sondern ändert sich, wenn auch nur langsam. Vor 1600 war die Abweichung der Magnetnadel in Deutschland mehrere Grade östlich; diese östliche Abweichung nahm dann ab, bis die Nadel bald nach dem Anfange der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts genau nach Norden wies. Nach 1663 fing die Nadel an, nach der entgegengesetzten Seite, nach Westen abzuweichen, und diese Abweichung nahm bis gegen 1817 zu; seit dieser Zeit verringert sich diese Ablenkung wieder.

Die Richtung einer Magnetnadel ändert sich aber nicht nur in dieser größern Periode, sondern bei genauen Messungen zeigen sich auch jährliche und selbst tägliche periodische Aenderungen. Diese letztern sind freilich sehr gering, lassen sich aber sehr leicht beobachten, wenn man an einem Magnetstabe, der an Coconfäden aufgehangen ist, einen kleinen Planspiegel anbringt, und mittelst eines dem Spiegel gegenüberstehenden Fernrohres einen unterhalb des Fernrohres angebrachten Maaßstab im Spiegel beobachtet; sobald der Magnetstab und mit ihm der Spiegel seine Stellung ändert, erscheint neben dem im Brennpunkte des Objectivs (im Fernrohre) ausgespannten Faden ein anderer Punkt des Maaßstabes durch Zurückwerfung auf dem am Magnetstabe befestigten Spiegel (Magnetometer von Gauß).

§. 342. Schon oben in §. 340 wurde angeführt, daß eine in einer vertikalen Ebene, die in der Richtung der Declinationsnadel liegt, um eine genau in ihrem Schwerpunkte angebrachte Axe drehbare Magnetnadel an den meisten Punkten der Erde sich nicht horizontal stellt, sondern in der nördlichen Erdhälfte mit ihrem Nordpol und in der südlichen mit ihrem Südpole unter den Horizont hinabsinkt. Der Winkel, welchen eine solche Nadel mit der horizontalen Ebene des Ortes bildet, heißt die Inclination oder die Neigung der Magnetnadel; und eine auf diese Weise construirte Magnetnadel nennt man Inclinationsnadel. Da in der nördlichen Erdhälfte der Nordpol und in der südlichen der Südpol der Nadel, also der entgegengesetzte, hinabsinkt, so muß es in der Nähe des Aequators Orte geben, an welchen weder der Nord- noch der Südpol nach unten sinkt, d. h. die Inclinationsnadel horizontal steht, oder die Inclination $= 0$ ist. Verbindet man alle diese Orte, wo die Inclination $= 0$ ist, zu einer Linie, so erhält man eine geschlossene Linie, welche nahe am Aequator um die Erde läuft; sie fällt aber nicht mit dem Aequator zusammen, sondern schneidet ihn an zwei Stellen; entfernt sich übrigens nicht weit von ihm. Von dieser Linie ohne Neigung wächst die Neigung der Nadel nach Norden und nach Süden. Verbindet man alle Orte durch eine Linie, in denen die Inclination gleich groß ist, so erhält man die isoklinischen Linien.

Der größte Werth, welchen die Inclination erhalten kann, ist 90°, bei welchem Winkel die Nadel gerade vertikal steht. Dann befindet sie sich aber genau über dem magnetischen Pole; an diesem Punkte hat denn auch die Declinationsnadel keine bestimmte Richtung. Nach der Gauß'schen Theorie des Erdmagnetismus liegt der magnetische Südpol 73° 35′ nördlicher Breite und 264° 21′ Länge (östlich von Greenwich), und der magnetische Nordpol in 72° 35′ südlicher Breite und 152° 30′ Länge, so daß eine Linie, welche beide Pole verbindet, nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht.

§. 343. Die Intensität oder die Stärke des Magnetismus ist an den verschiedenen Punkten der Erde verschieden. Auf den an einem Coconfaden

aufgehangenen Magnetstab wirkt als beschleunigende Kraft nicht die ganze Stärke des Magnetismus, sondern nur ein Theil desselben, den man erhält, wenn man die in der Richtung der Neigungsnadel wirkende magnetische Kraft zerlegt (§. 25) in eine vertikal und in eine horizontal wirkende. Läßt man nun an verschiedenen Orten der Erde einen Magnetstab schwingen, so verhalten sich die beschleunigenden Kräfte M und m (also hier die horizontal wirkenden magnetischen Kräfte) an zwei verschiedenen Orten umgekehrt wie die Quadrate der Schwingungszeiten des Magnetstabes, also $M : m = t^2 : T^2$. Hiebei ist vorausgesetzt, daß der Stab seinen Magnetismus unverändert bewahrt hat; es muß deßhalb ein solcher Stab beim Transport von einem Orte zum andern sehr sorgfältig aufbewahrt werden. Hat man durch Schwingungen eines Stabes die Stärke der horizontal wirkenden magnetischen Kraft an verschiedenen Orten berechnet, so kann man, wenn gleichzeitig die Inclination an denselben bestimmt wurde, die Stärke der ganzen magnetischen Kraft an jedem Orte durch eine leichte Rechnung finden. Verbindet man auf der Erdoberfläche alle diejenigen Orte zu einer Linie, an welchen diese Stärke oder Intensität des Magnetismus gleich groß ist, so erhält man die isodynamischen Linien. Die Intensität ist im Allgemeinen in der Nähe des Aequators geringer, und nimmt mit der Annäherung an die Pole zu. In der nördlichen Erdhälfte gibt es zwei Punkte, an welchen die Intensität ein Maximum ist, d. h. größer als in allen zunächst umliegenden (der eine im nördlichen Amerika und der andere im nördlichen Asien), in der südlichen Erdhälfte dagegen nur einen (nicht weit von dem magnetischen Pole).

Auch die Inclination und die Intensität des Magnetismus verändert sich an einem und demselben Orte auf ähnliche Weise wie die Declination. Die täglichen Veränderungen des horizontal wirkenden Theiles der magnetischen Kraft lassen sich durch das von Gauß construirte Bifilarmagnetometer messen. Es wird nämlich ein Magnetstab an zwei nahe neben einander befindlichen Drähten aufgehangen, und durch eine Drehung derselben aus der Richtung der Declinationsnadel abgelenkt. Der horizontal wirkende Theil des Erdmagnetismus sucht nun den Magnetstab in die Richtung der Declinationsnadel zurückzuziehen, und der Stab wird bei jeder Aenderung dieser Kraft eine etwas geänderte Lage annehmen, die man auf dieselbe Weise, wie §. 340, mit Hilfe eines Fernrohres und eines an dem Magnetstabe befestigten Spiegels mißt.

Dreizehnter Abschnitt.

Von der Electricität.

§. 344. Wenn Bernstein, Harz, Schwefel, Glas u. s. w. mittelst eines andern Körpers, z. B. mittelst eines wollenen Zeuges gerieben werden, so erhalten sie die Eigenschaft leichte Körper (Papierschnitzel, Korkkügelchen, Hollundermarkkügelchen, Stückchen Blattgold u. s. w.) anzuziehen und nach der Anziehung auch wieder zurückzustoßen. Nähert man einer solchen geriebenen Glasröhre oder Siegellackstange den Finger, so hört man einen knisternden Laut, und sieht bei der Anstellung des Versuches im Dunkeln sehr deutlich

einen kleinen Lichtfunken zwischen den Fingern und der Röhre entstehen. Die Kraft, welche die eben erwähnten Erscheinungen hervorbringt, nennt man **Electricität.**

Zur Erzeugung der für die nächstfolgenden Versuche nöthigen Electricität genügt das Reiben einer Siegellackstange und einer Glasröhre mit einem Stücke Tuch; die Glasröhre überzieht man sehr zweckmäßig inwendig mit einem Ueberzuge von Siegellack, indem man kleine Stückchen Siegellack in dieselbe bringt, durch Erhitzen über der Flamme einer Spirituslampe schmilzt und durch Drehen in der Röhre vertheilt. Das Reiben der electrisch zu machenden Körper muß, ohne Anwendung eines zu großen Drucks, leicht und geschwind geschehen.

Um die Anziehung leichter Körper selbst durch eine schwache Electricität (also nach schwachem Reiben) wahrzunehmen, hänge man ein kleines Kork- oder Hollundermarkkügelchen a, Fig. 198, mittelst eines Coconfadens an einem kleinen Stative b c d, dessen Arm c b aus Schellack oder gefirnißtem Glase gebildet ist, auf. Eine geriebene Glasröhre wird das Kügelchen a anziehen und dann wieder zurückstoßen; nähert man die Glasröhre selbst nach einiger Zeit wieder allmählig dem Kügelchen, so wird sie dasselbe nicht anziehen, sondern zurückstoßen. Dieselbe Erscheinung erhält man auch, wenn man den angegebenen Versuch mit einer geriebenen Siegellackstange durchführt. Es hat also das Korkkügelchen durch die Berührung mit dem electrischen Körper ebenfalls einen besondern Zustand erlangt, und behält diesen unter den angegebenen Umständen bei. Nähert man den Finger dem Kügelchen, so sieht man das Kügelchen gegen den Finger sich bewegen, zum Beweise, daß das Kügelchen durch die vorhergegangene Berührung eines electrischen Körpers selbst electrisch geworden ist; durch diesen electrischen Zustand entstand nämlich eine Anziehung zwischen dem electrischen Kügelchen und dem genäherten Finger, welcher das leicht bewegliche Kügelchen sogleich folgte. Nach der Berührung zwischen dem Kügelchen und dem Finger fällt letzteres wieder zurück, und zeigt bei einer zweiten Annäherung des Fingers keine Neigung, sich an denselben heran zu bewegen; es hat also durch die erste Berührung mit dem Finger seinen electrischen Zustand verloren. Dieß letztere ergiebt sich auch daraus, daß das Kügelchen von der electrischen Glasröhre oder Siegellackstange wieder angezogen wird. Ganz ebenso verliert das Kügelchen seinen electrischen Zustand, wenn es mit Metallen und feuchten Körpern berührt wird, während eine Berührung mit Schwefel, Harz, Glas, Bernstein, Seide und ähnlichen Körpern, wenn ihre Oberfläche frei von Feuchtigkeit ist, diesen Erfolg nicht hervorbringt.

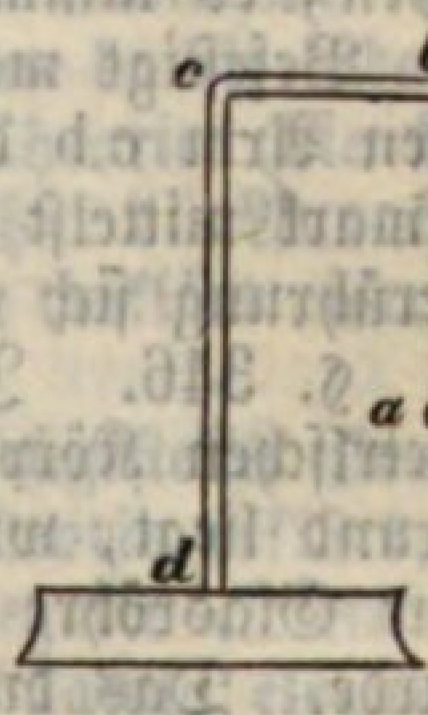


Fig. 198.

§. 345. Nach den so eben angegebenen Versuchen besitzen folglich gewisse Stoffe die Eigenthümlichkeit, die in einem Körper vorhandene Electricität abzuleiten, während andern diese Eigenschaft gänzlich oder fast gänzlich fehlt. Die ersten nennt man **Leiter**, die letztern **Nichtleiter** oder **Isolatoren.** Die Leichtigkeit, womit ein Stoff der Electricität den Durchgang durch sich gestattet, ist aber nicht für alle leitenden Stoffe gleich groß; diejenigen, welche die Electricität nur wenig leiten, nennt man auch wohl Halbleiter. Ist die Aufgabe gestellt, die in einem Körper befindliche Electricität in demselben zurückzuhalten, so muß man ihn überall mit Nichtleitern umgeben; man nennt dieß isoliren. Trockene atmosphärische Luft ist ein Nichtleiter, ebenso auch guter Schellack; Glas hält leicht auf seiner

Oberfläche etwas Feuchtigkeit zurück, und wird deßhalb am besten warm mit einem Schellackfirniß (Schellack in Spiritus aufgelöst) überzogen; aus den genannten Körpern bildet man gewöhnlich diejenigen Theile eines Apparates, welche einen electrisirten Körper tragen sollen. Will man einen electrischen Körper isolirt und leicht beweglich aufhängen, so befestigt man ihn an einem Coconfaden, der aber der völligen Isolirung wegen ebenfalls wieder mit seinem obern Ende an einem Schellackstäbchen, oder wo es auf große Schärfe der Versuche nicht ankömmt, an einem gefirnißten Glasstäbchen befestigt wird. Daher war bei dem obigen Versuche vorgeschrieben, daß wenigstens der Arm b c von Schellack oder gefirnißtem Glase sein sollte. Denn befestigt man das früher erwähnte Korkkügelchen mittelst einer feinen Flachsfaser, die etwas feucht gemacht wird, an einem aus Metall construirten Stative, so wird das Kügelchen a, in Fig. 198, von der geriebenen Siegellack- oder Glasstange zwar angezogen, aber nicht wieder abgestoßen; es nimmt also keinen dauernden electrischen Zustand an.

Befestigt man an dem aus Schellack oder aus gefirnißtem Glase gebildeten Arm c b des kleinen Stativs zwei Kügelchen aus Kork oder Hollundermark mittelst sehr feiner Flachsfaden, so werden die Kügelchen nach der Berührung sich gegenseitig abstoßen, weil sie beide electrisch geworden sind.

§. 346. In den bisher angestellten Versuchen zeigte sich zwischen electrischen Körpern nur eine Abstoßung, und niemals eine Anziehung; der Grund liegt, wie sich sogleich ergeben wird, darin, daß entweder die geriebene Glasröhre oder die geriebene Siegellackstange stets allein angewendet wurde. Das durch die Electricität der Glasröhre electrisch gemachte Korkkügelchen wurde von dieser Röhre abgestoßen, und ebenso das durch eine geriebene Siegellackstange electrisch gemachte Kügelchen durch diese letztere.

Ganz anders aber gestalten sich die Erscheinungen, wenn man dem durch eine geriebene Glasröhre electrisch gemachten Korkkügelchen eine geriebene Siegellackstange, oder dem durch eine geriebene Siegellackstange electrisch gemachten Korkkügelchen eine geriebene Glasröhre nähert; in beiden Fällen findet nicht nur keine Abstoßung, sondern vielmehr eine Anziehung statt, welche sogar stärker ist, als die von derselben geriebenen Glasröhre oder Siegellackstange auf die nicht electrische Korkkugel ausgeübte. Aus diesem Versuche folgt also, daß der durch Reiben im Glase und im Siegellack hervorgebrachte electrische Zustand ein verschiedener ist. Es verhalten sich diese beiden Zustände gerade so wie §. 328 der Nord- und Südmagnetismus, und sind auf gleiche Weise, wie diese, einander entgegengesetzt. Gerade so wie die gleichnamigen magnetischen Pole sich abstoßen und die ungleichnamigen sich anziehen, stoßen sich auch zwei Körper ab, welche beide die Electricität des Glases oder beide die Electricität des Siegellacks besitzen, während sich zwei Körper, von welchen der eine die Electricität des Glases, der andere aber die Electricität des Siegellacks besitzt, gegenseitig anziehen.

§. 347. Franklin nahm zur Erklärung dieser electrischen Erscheinungen eine electrische Flüssigkeit an, welche in allen Körpern, so lange sie keine electrischen Erscheinungen zeigen, gleichmäßig verbreitet ist; wird diese freie Flüssigkeit an irgend einer Stelle eines Körpers angehäuft, so entsteht an dieser Stelle nach seiner Meinung derjenige electrische Zustand, welchen das Glas durch Reiben mit einem Stückchen Tuch zeigt; wird sie dagegen an einer Stelle des Körpers verdünnt, so entsteht an dieser Stelle der gerade entgegengesetzte electrische Zustand des Siegellacks (wenn es mit Tuch gerieben wird). Da Franklin den ersteren electrischen Zustand als

hervorgebracht durch einen Ueberschuß, den zweiten aber als hervorgebracht durch einen Mangel betrachtete, so bezeichnete er den erstern als den plus (+) electrischen, und den zweiten als den minus (—) electrischen, oder als positiv und negativ electrische Zustände.

Symmer glaubte dann später statt einer electrischen Flüssigkeit zwei von entgegengesetzter Natur, eine positive und eine negative, annehmen zu müssen; beide verhalten sich dann genau zu einander wie die beiden magnetischen Flüssigkeiten. So lange an einer Stelle des Körpers beide electrische Flüssigkeiten in gleichem Grade vorhanden sind, heben sie sich in ihren Wirkungen nach außen gegenseitig auf (neutralisiren sich), und diese Stelle erscheint unelectrisch; sobald aber an einer Stelle des Körpers das eine oder andere Fluidum vorwaltet, so erscheint dieselbe positiv oder negativ electrisch, je nachdem die positive oder negative electrische Flüssigkeit vorherrscht. In dem Folgenden werden die verschiedenen electrischen Erscheinungen stets in dem Sinne dieser letzten Theorie (der Annahme einer positiven oder negativen Electricität) erklärt werden, aber ohne damit behaupten zu wollen, daß dieselben durch die Franklin'sche Theorie (die Annahme einer electrischen Flüssigkeit), oder überhaupt auch ohne die Annahme einer besondern electrischen Flüssigkeit nicht eben so gut erklärt werden könnten.

Wird nun das durch die früher angegebenen Versuche festgestellte Grundgesetz der Electricität in dem Sinne der angenommenen Theorie erklärt, so heißt es: Zwei gleichnamig electrische (zwei positiv oder negativ electrische) Körper stoßen sich gegenseitig ab, während zwei ungleichnamig electrische Körper (ein positiver und ein negativer) sich gegenseitig anziehen.

§. 348. So wie beide Magnetismen immer gleichzeitig und in gleicher Menge entstanden, ebenso muß auch unter allen Verhältnissen die Menge der entstehenden positiven Electricität genau der Menge der entstehenden negativen gleich sein, weil beide nur durch Trennung von einander in ihren Wirkungen nach außen sichtbar werden. Bei der magnetischen Kraft war es nun nicht möglich, die beiden Magnetismen so zu trennen, daß ein Eisen- oder Stahlstab allein den Nordmagnetismus, ein zweiter aber allein den Südmagnetismus zeigte; hingegen bei der Electricität läßt sich diese Trennung ausführen. Auf welche Art und Weise aber auch eine der beiden Electricitäten erzeugt werden mag, stets muß die entgegengesetzte in gleicher Menge entweder in demselben Körper oder in einem benachbart gewesenen vorhanden sein.

Wird eine Glasröhre mit einem Stücke Tuch gerieben, so zeigt sich die Glasröhre in der ganzen Ausdehnung des geriebenen Theiles + electrisch; es wird also das Stück Tuch die entgegengesetzte enthalten, folglich — electrisch sein. Eine mit Tuch geriebene Siegellackstange ist — electrisch, es wird das Tuch also + electrisch geworden sein. Wenn überhaupt zwei Körper gegen einander gerieben werden, so wird dadurch stets der eine + und der andere — electrisch. Welcher von beiden aber der positive, und welcher der negative wird, läßt sich sehr oft im Voraus nicht bestimmen; es kann ein und derselbe Körper positiv und negativ werden, wenn er mit zwei verschiedenen andern gerieben wird. So nahm z. B. vorhin das Stück Tuch den + electrischen Zustand durch Reiben gegen Siegellack und den negativen durch Reiben gegen Glas an. Wenn bei diesem Reiben der eine Körper ein Leiter ist, so muß derselbe an einer isolirenden Glas- oder Siegellackstange befestigt werden.

Man kann die verschiedenen Körper in eine oder mehrere Reihen ordnen,

von denen jeder voranstehende beim Reiben mit jedem nachfolgenden negativ, also jeder nachfolgende positiv electrisch wird. Eine solche Reihe ist z. B. die folgende, in welche nur die gewöhnlichsten Stoffe aufgenommen worden sind: — Schwefel, mattes Glas, Wachs, Siegellack, schwarze Seide, weiße Seide, Papier, gedörrtes Holz, wollenes Zeug, Glas (polirtes), Hasenfell und andere feine Felle +.

Auffallend ist in dieser Reihe, daß mattgeschliffenes Glas fast am negativen, und polirtes fast am positiven Ende derselben steht; d. h. während polirtes Glas z. B. mit wollenem Zeuge gerieben sich + electrisch zeigt, wird mattgeschliffenes durch Reiben mit demselben Stück Zeuge —. Diese Aenderung in dem electrischen Verhalten ist in diesem Falle nicht durch eine Veränderung der Substanz des geriebenen Körpers, sondern nur durch eine Veränderung in der Beschaffenheit der Oberfläche entstanden. Den Einfluß, welchen diese letztere ausübt, sieht man auch bei Versuchen mit zwei Stücken eines und desselben Stoffes; nimmt man ein altes und ein neues Stück seidenes Zeug, oder nimmt man ferner zwei neue, völlig gleiche seidene Bänder, und reibt sie so, daß man das eine kreuzweise über das andere hinweg zieht, so zeigen sich beide electrisch. In den meisten Fällen scheint derjenige Körper, welcher beim Reiben der wärmere wird, die negative, also der andere die positive Electricität anzunehmen.

§. 349. Es wurde früher nachgewiesen, daß jede der beiden Electricitäten die entgegengesetzte anzieht, die gleichnamige aber abstößt. Dieß wird natürlich auch geschehen müssen, wenn ein electrischer Körper aus der Ferne auf einen andern Körper wirkt, der ein Electricitätsleiter ist, und also den beiden in ihm in gleichen Mengen vorhandenen Electricitäten eine Bewegung gestattet. Ebenso wie ein Magnet §. 331 in dem benachbarten Ende eines Stückes Eisen den entgegengesetzten, im entfernten aber den gleichnamigen Pol erzeugte, erregt ein electrischer Körper in einem andern, noch nicht electrischen isolirten Körper in dem zugekehrten Ende die entgegengesetzte, in dem abgewandten aber die gleichnamige Electricität.

Man befestige einen metallenen Cylinder A B, Fig. 199, mit gut abgerundeten Enden an einem aus Schellack oder gefirnißtem Glase gebildeten Arme f g, und hänge in der Nähe beider Enden A und B kleine Kork- oder Hollundermarkkügelchen c und d an feinen Flachsfasern auf. Stellt man dann unterhalb des Endes B einen z. B. + electrischen Körper E, so wird man beide Kügelchen sich von dem Metallcylinder entfernen sehen; beide werden also in Folge der durch die Annäherung des electrischen Körpers E in dem Cylinder A B erregten Electricität abgestoßen. Nähert man, während der electrische Körper E seinen Ort unverändert beibehält, und die Kügelchen von dem Cylinder abgestoßen werden, dem untern Kügelchen d von der Seite her eine mit Tuch geriebene Glasstange, so wird es angezogen, von einer mit Tuch geriebenen Siegellackstange aber abgestoßen; ein Beweis, daß das Kügelchen sowohl als auch das untere Ende B des Cylinders negative Electricität besitzt. Nähert man dieselben beiden geriebenen Körper dem obern Kügelchen c, so wird dasselbe von der Glasröhre abgestoßen,

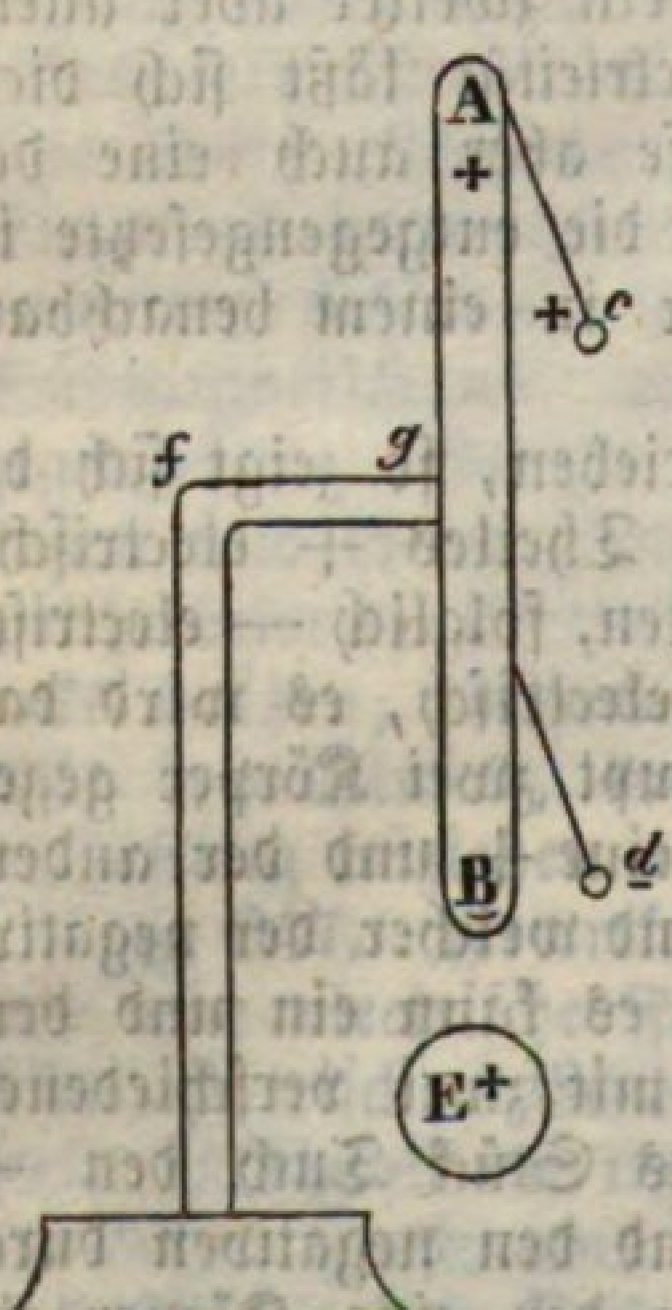


Fig. 199.

von der Siegellackstange aber angezogen; das obere Ende des Cylinders A ist also zugleich mit dem Kügelchen c positiv electrisch. — Wenn man anstatt des positiven Körpers E einen negativ electrischen Körper dem isolirten Cylinder näherte, so würde umgekehrt als wie vorhin in dem nächsten Ende desselben positive, in dem entfernten Ende aber negative Electricität entstehen. Man nennt diese Erscheinung, wo ein electrischer Körper beide Electricitäten in einem andern entfernten, mit ihm nicht in leitender Verbindung stehenden Körper (der aber selbst ein Leiter der Electricität ist, und also die Bewegung der Electricität gestattet), erregt, die Electricitätserregung durch Vertheilung (auch schlechthin Vertheilung); es hat bei dieser Vertheilung, wie schon angeführt, das dem electrischen Körper zunächst liegende Ende des isolirten Körpers jedesmal die entgegengesetzte, das abgewandte dagegen die gleichnamige Electricität mit dem genäherten Körper.

Zieht man in dem vorhin zuerst beschriebenen Versuche, in welchem dem isolirten Cylinder A B ein positiv electrischer Körper E genähert wurde, den Körper E wieder hinweg, so fallen die beiden während dessen Annäherung divergirenden Kügelchen c und d wieder an den Metallcylinder, und es bleibt also nach der Entfernung des electrischen Körpers E in dem Metallcylinder keine Electricität zurück. Folglich ist bei dieser Vertheilung der Electricität in dem isolirten Metallcylinder keine Electricität aus dem electrischen Körper E in den Cylinder übergegangen (fürchtet man einen solchen Uebergang, so kann man zwischen B und E eine einige Zoll im Durchmesser haltende, gut gefirnißte Glasscheibe einschieben, welche den Durchgang der electrischen Flüssigkeit, aber nicht ihre Wirkung aufhält); die beiden Electricitäten sind mithin durch Trennung oder Vertheilung der im Cylinder selbst vorhandenen electrischen Flüssigkeiten entstanden, und vereinigen sich auch nach der Hinwegnahme des electrischen Körpers wieder mit einander, so daß keine Spur von Electricität zurückbleibt.

§. 350. Die beiden bei der Vertheilung in einem isolirten Leiter (A B) auftretenden Electricitäten befinden sich aber nicht in einem ganz gleichen Zustande; beide stimmen zwar darin überein, daß sie die Abstoßung gegen anliegende, gleichnamig electrische Theile zeigen, unterscheiden sich aber darin, daß sie nicht auf gleiche Weise aus dem Leiter ableitbar sind. Befindet sich der positiv electrische Körper E unterhalb B, wie vorhin, und berührt man während der Divergenz beider Kügelchen c und d den Cylinder A B an irgend einer Stelle, selbst in der Nähe des Endes B, mit dem Finger oder mit einem andern Leiter, so wird augenblicklich die obere Kugel c an den Cylinder heranfallen, und nicht mehr abgestoßen werden, die untere dagegen fast doppelt so weit abgestoßen werden. Die untere negative Electricität hat unter den obwaltenden Umständen also ihr Fortleitungsvermögen verloren, und heißt deßhalb gebundene Electricität; sie wird durch die in dem Körper E ihr gegenüber befindliche positive Electricität gebunden, und vermehrt sich durch ableitende Berührung des Cylinders A B, weil die Anziehung der im obern Ende A befindlichen positiven Electricität verschwindet, sobald letztere fortgeleitet wird. Jetzt (nach der Berührung) enthält der Körper nur gebundene negative und nirgends freie positive Electricität.

Entfernt man, während der Körper A B wieder isolirt ist (also nach der Hinwegnahme des Fingers von dem Cylinder A B), den electrischen Körper E, so nimmt die in A B befindliche gebundene Electricität wieder ihren freien Zustand an, und beide Kügelchen c und d divergiren wieder (letzteres aber schwächer als so eben), weil die freigewordene negative

Electricität sich über den ganzen leitenden Körper A B verbreitet. Berührt man jetzt den Körper A B wieder mit dem Finger, so fallen beide Kügelchen zugleich nieder; es ist also jetzt dieselbe negative Electricität wieder ableitbar, die vorhin unter dem Einflusse des positiv electrischen Körpers nicht fortgenommen werden konnte. — Wiederholt man den eben weitläufig beschriebenen Versuch mit einem negativ electrischen Körper E, so bleiben die Erscheinungen genau dieselben, nur wird in dem Ende B die positive Electricität gebunden u. s. f.; es kehrt sich gerade die Benennung der beiden Electricitäten um.

§. 351. Nähert man den electrischen Körper E dem Metallcylinder A B immer mehr und mehr, so steigt die Vertheilung, bis in einer hinreichend kleinen Entfernung die beiden entgegengesetzten Electricitäten des untern Endes und des Körpers die isolirende Luftschicht durchbrechen, und sich als Funken mit einander verbinden. Der Metallcylinder enthält dann nur noch freie positive Electricität; man nennt diese zu Ende geführte (wenn man so sagen darf) Vertheilung auch wohl Mittheilung. Die größte Entfernung, in welcher zwischen E und B noch ein Funke überspringt, heißt die Schlagweite.

Die Anziehung, welche ein electrischer Körper auf einen nicht electrischen ausübt, entsteht dadurch, daß in dem letztern das dem electrischen Körper zugewandte Ende die entgegengesetzte Electricität erhält. Die beiden entgegengesetzten Electricitäten ziehen sich nun an, und derjenige Körper, welcher beweglich aufgehangen ist, muß dieser Anziehung folgen.

§. 352. Vor einem weiteren Eingehen in die Anwendungen der Lehre von der Vertheilung und der Bindung der Electricität wird es ganz zweckmäßig sein, erst die verschiedenen Instrumente (Electrometer und Electroskope) anzuführen, mit Hülfe deren man geringe Spuren von Electricität wahrnehmen und auch noch genau messen kann.

Das einfachste Electrometer bildet ein an einem Faden aufgehangenes Kork- oder Hollundermarkkügelchen, Fig. 198; anstatt eines Kügelchen kann man auch zwei neben einander aufhängen, Fig. 200, die durch die Größe ihrer Abstoßung einigermaaßen die Electricitätsmenge schätzen lassen.



Fig. 200.

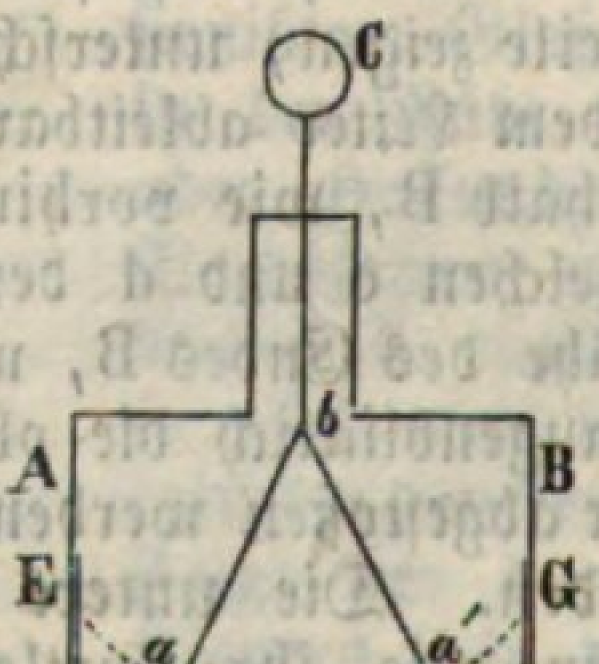


Fig. 201.

Volta benutzte zu seinem Electrometer zwei kleine Grashälmchen a und a', Fig. 201, welche mittelst feiner gebogener Drähte an einem isolirten kleinen Metallstäbchen c b in b leicht beweglich befestigt waren. Um die Grashälmchen vor Luftzug zu schützen, wurden sie in ein Glasgefäß A B eingeschlossen, auf dessen hinterer Wand eine eingetheilte Skale befestigt war, um die Entfernung der beiden Grashälmchen von einander zu bestimmen (Volta's Strohhalm-Electrometer). Um bei zu starker Electricität, welche die Grashälmchen gegen die Wände treibt, die Electricität von den Wänden hinweg zu nehmen, sind an beiden Wänden, gegen welche diese Grashämchen schlagen, zwei schmale Streifchen Stanniol E F und G H angebracht und mit der Erde leitend verbunden.

Bennet nahm, um das Instrument empfindlicher zu machen, anstatt

der beiden Grashälmchen zwei dünne, schmale Streifchen ächtes Blattgold a und a', die durch etwas Feuchtigkeit bei b angeklebt wurden. Dieses Goldblattelectrometer verfertigt man sich am leichtesten, wenn man die beiden Goldblättchen an einem oben mit einer Kugel versehenen Drahte anklebt, und den Draht mittelst Siegellack in der Oeffnung einer gläsernen Kugel (wie sie die Handwerker im Winter zur Beleuchtung ihrer Arbeit gebrauchen), so befestigt, daß die Goldblättchen beim Divergiren die Wände nicht erreichen können.

Anstatt zweier Grashälmchen kann man auch nur einen einzigen, an einer leicht drehbaren horizontalen Axe befestigen und neben einem vertikalen unten mit einer kleinen Kugel versehenen Metallstäbchen herabhängen lassen. Sobald die Vorrichtung electrisch wird, stößt der feste metallene Arm das Grashälmchen ab; auf einem dahinter befindlichen eingetheilten Kreisbogen liest man die Erhebung des Grashälmchens aus der vertikalen Lage ab. Will man etwas stärkere Electricität messen, so nimmt man einen etwas schwereren Strohhalm, und befestigt am untern Ende auch wohl noch ein kleines Kügelchen (Quadranten-Electrometer).

§. 353. Alle bisher angeführten Electrometer geben aber durch die Abstoßung ihrer Theile überhaupt nur zu erkennen, daß Electricität vorhanden ist; ob dieselbe positiv oder negativ ist, muß durch einen zweiten Versuch bestimmt werden. Nähert man nämlich einem der angegebenen Instrumente während der Divergenz seiner beweglichen Theile, z. B. dem Volta'schen Strohhalmelectrometer langsam von oben her eine Glasstange, so werden die beiden Grashälmchen noch weiter aus einander weichen, wenn sie vorher mit positiver Electricität divergirten, aber zusammensinken, wenn sie vorher negative Electricität enthielten. Indem sich die positiv electrische Glasröhre von oben dem Drahte c b, Fig. 201, nähert, bindet sie nämlich in dem obern Ende c negative Electricität, und macht in dem entgegengesetzten (also in den Grashälmchen) positive frei; diese verstärkt die vorhandene positive und neutralisirt die vorhandene negative Electricität. Eine geriebene Siegellackstange wirkt gerade umgekehrt. Gehen also bei der Annäherung einer geriebenen Siegellackstange von der obern Seite die beweglichen, durch vorhandene Electricität schon divergirenden Theile des Apparates zusammen, so ist die vorhanden gewesene Electricität positiv, divergiren die Theile aber sogleich weiter, so ist dieselbe negativ.

Man muß mit der Annäherung der Glas- und Siegellackstange übrigens vorsichtig sein, sonst ist man leicht Täuschungen unterworfen. Nähert man z. B. einen geriebenen Glasstab von oben her dem Strohhalmelectrometer, dessen Halme vorher mit negativer Electricität zur Divergenz gebracht sind, so wird diese Divergenz bei allmähliger Annäherung des positiv electrischen Glasstabes immer geringer, bis bei einer gewissen Entfernung des Stabes die beiden Halme parallel neben einander hängen. Nähert man den Glasstab noch weiter, so beginnen die beiden Halme wieder zu divergiren, aber nicht mit negativer, sondern mit freier, positiver Electricität. Die Vertheilung der Electricität unter dem Einflusse des über den Draht gehaltenen Glasstabes wird also so stark, daß die dadurch frei gewordene positive Electricität die vorher vorhandene negative aufhebt, und mit ihrem Ueberschuß über dieselbe die Halme von Neuem zur Divergenz bringt. Wird der Draht b c nicht berührt, so nimmt bei der Entfernung des electrischen Glasstabes die positive Divergenz der Halme wieder ab; die Halme hängen bei einer gewissen Entfernung parallel, und divergiren

über diese hinaus wieder mit der ursprünglich vorhanden gewesenen negativen Electricität.

§. 354. Eine genaue Messung der Electricität erlauben übrigens die angegebenen Electrometer nicht; am meisten genügt in dieser Beziehung noch ein gut eingerichtetes Strohhalmelectrometer. Will man genaue Messungen der Electricität vornehmen, so ist das einzig brauchbare Instrument die Coulomb'sche Drehwaage. A B, Fig. 202, ist ein weites cylindrisches Glasgefäß, das oben mit einem durch Schrauben festgeklemmten gläsernen Deckel P Q versehen ist, der in seiner Mitte durchbohrt und über dieser Durchbohrung eine ungefähr 1 Zoll weite Glasröhre C D trägt, die oben mit einer messingenen Scheibe D geschlossen wird. Diese messingene Scheibe ist an ihrem äußern Umfange in Grade getheilt, und enthält genau in ihrer Mitte eine drehbare Axe E e, die oben bei E mit einem Zeiger versehen ist, dessen umgebogenes Ende L sich über der so eben erwähnten Theilung am Umfange von D bewegt, wenn die Axe mit Hülfe der kleinen Hebelarme E M umgedreht wird. An dieser Axe wird ein sehr feiner elastischer Silberdraht e F fest eingeklemmt, und an das untere Ende desselben ein kleines Stäbchen G H aus gutem, möglichst vollständig isolirendem Schellack mit seiner Mitte befestigt. Dieses Schellackstäbchen trägt an seinem einen Ende eine kleine vergoldete Kugel von Hollundermark oder ein kleines Scheibchen aus sehr dünngeschlagenem Messing (Flittergold). In dem Glasdeckel ist ferner noch eine Oeffnung I angebracht, durch welche ein Schellackstäbchen I k, das am untern Ende eine gleich große vergoldete Kugel aus Hollundermark oder ein gleich großes Metallscheibchen trägt, in das Innere des Cylinders eingeführt werden kann. Man gibt dem Silberdrahte und Schellackstäbchen gerade eine solche Länge, daß es durch Drehen des Drahtes möglich ist, beide Kügelchen oder beide Scheibchen einander genau gegenüber zu stellen, so daß ihre Mittelpunkte gleich hoch liegen. Vor dem Gebrauche nähert man die Kügelchen oder Scheibchen durch Drehen des Drahtes einander eben bis zur Berührung. Auf dem äußern Umfange des Cylinders ist in der Höhe der beiden Kügelchen eine Kreistheilung angebracht.

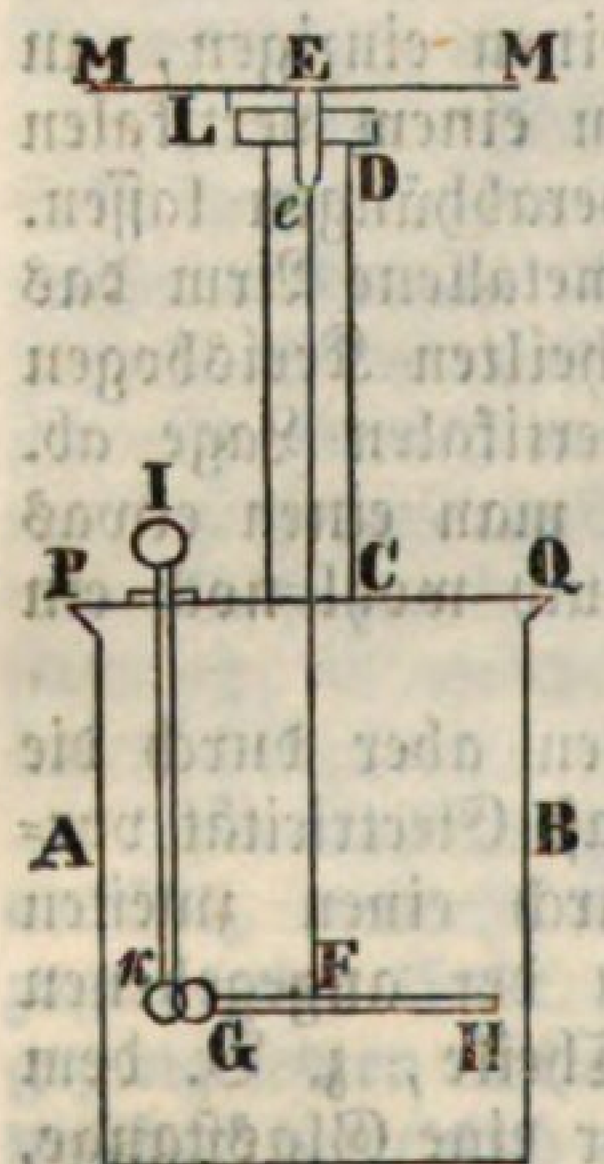


Fig. 202.

Um mittelst dieser Drehwaage die Electricität eines Körpers, z. B. an verschiedenen Punkten seiner Oberfläche zu messen, berührt man den Körper an einem der zu untersuchenden Punkte mit dem Kügelchen k, das an dem Schellackstäbchen I k gehalten wird, und bringt dasselbe dann wieder in seine vorige Lage in den Cylinder; durch die Berührung mit k wird dann auch die andere bewegliche Kugel G electrisch, und beide Kugeln stoßen sich ab. Indem die Kugel G sich von der Kugel k entfernt, dreht sie den Draht e F um so viel Grade, als sie sich fortbewegt. Berührt man nun andere Punkte des Körpers nach und nach, so wird die Kugel G um so weiter abgestoßen, je größer die an einem Punkte vorhandene Electricität ist. Eine genaue Messung der zu jeder Drehung gehörigen Electricitäten wird aber dadurch erschwert, daß die Kugeln stets in verschiedenen Entfernungen sich finden, und also nicht immer auf gleiche Weise auf einander wirken. Dieß läßt sich indeß mit Hilfe der obern drehbaren Axe E e vermeiden, man führt nämlich durch diese Drehung der Axe E e die Kugel G

stets bis auf einen gewissen Abstand von k zurück. Gesetzt, die Kugel G werde um 40° von k (nach rechts hin) abgestoßen; man drehet dann mittelst des Hebels E M die Axe und damit zugleich auch das obere Ende des Drahtes e in der entgegengesetzten Richtung (also links) so weit herum, bis durch die vermehrte Drehung die Torsionskraft des Drahtes (das Bestreben zurückzukehren) stark genug wird, um die Nadel auf 20° zurück zu führen; es möge der Draht (was man oben an dem Zeiger auf dem Rande von D abliest) um 240° gedreht worden sein. Der Abstoßung beider Kugeln wird dann das Gleichgewicht gehalten durch eine Drehung des Drahtes von $20^0 + 240^0 = 260^0$. Bringt man das Kügelchen k wieder in die Drehwage, nachdem man es an einen andern Punkt des Körpers angelegt hat, so wird, wie schon angeführt, die Abstoßung von 40° mehr oder weniger verschieden sein; man dreht deßhalb, nachdem die Kügelchen sich abgestoßen haben, den Draht mit Hülfe des Hebels E M von Neuem so weit nach links, bis die Kugel G genau wieder um 20° von k absteht; gesetzt, man habe bei diesem zweiten Versuche den Zeiger (also auch das obere Ende des Drahtes) um 110° nach links drehen müssen, um die Kugel G auf 20° zurückzuführen, so ist der Draht gedreht um $20^0 + 110^0 = 130$; diese Drehung hält jetzt der electrischen Abstoßung der Kugeln das Gleichgewicht. Das Bestreben eines aus seiner Lage gedrehten Drahtes in die ursprüngliche Lage wieder zurückzukehren, ist nun aber nach §. 100 der Größe des Winkels, um welche er gedreht ist, proportional, und verhält sich also in den beiden vorhergehenden Versuchen wie 260 : 130, oder wie 2 : 1. Dasselbe Verhältniß haben aber auch die Electricitäten, weil ihrer Abstoßung durch das Bestreben des Drahtes in die alte Lage zurück zu kehren, das Gleichgewicht gehalten wird.

Hängt man den Schellackstab G H nicht an einem feinen Drahte, sondern an einem Coconfaden auf, so erhält man ein höchst empfindliches Instrument, dessen Angaben aber durch äußere Einflüsse etwas veränderlich sind. Man kann sich dieser letztern Vorrichtung gut zur Aufsuchung geringer Spuren von Electricität bedienen.

§. 355. Wenn es um die Aufsuchung und Bestimmung sehr schwacher Electricitäten zu thun ist, so leistet das Bohnenberger'sche Electrometer die wesentlichsten Dienste. Es ist dasselbe am zweckmäßigsten auf folgende Weise eingerichtet. In einem Kasten A B, Fig. 203, eingeschlossen liegt eine sogenannte Zamboni'sche Säule C D, die später §. 370 beschrieben werden soll. Dieselbe hat die Eigenthümlichkeit, daß ihre beiden Enden fortwährend electrisch sind, und zwar das eine Ende, z. B. C positiv und das entgegengesetzte D negativ. Mit jedem Ende steht durch ein Charniergelenk ein Messingbügel C E und D F in Verbindung, der an seinem obern Ende eine kleine Messingscheibe E und F trägt. Durch die Verbindung mit den Enden der Zamboni'schen Säule ist nun die eine Scheibe E +, die andere D aber —. G H I ist eine Glasglocke, welche in ihrer obern Oeffnung einen Draht K L mit einem schmalen Goldblättchen L M trägt. Man stellt nun die Scheiben E und F gleich weit von dem Goldblättchen, was durch die

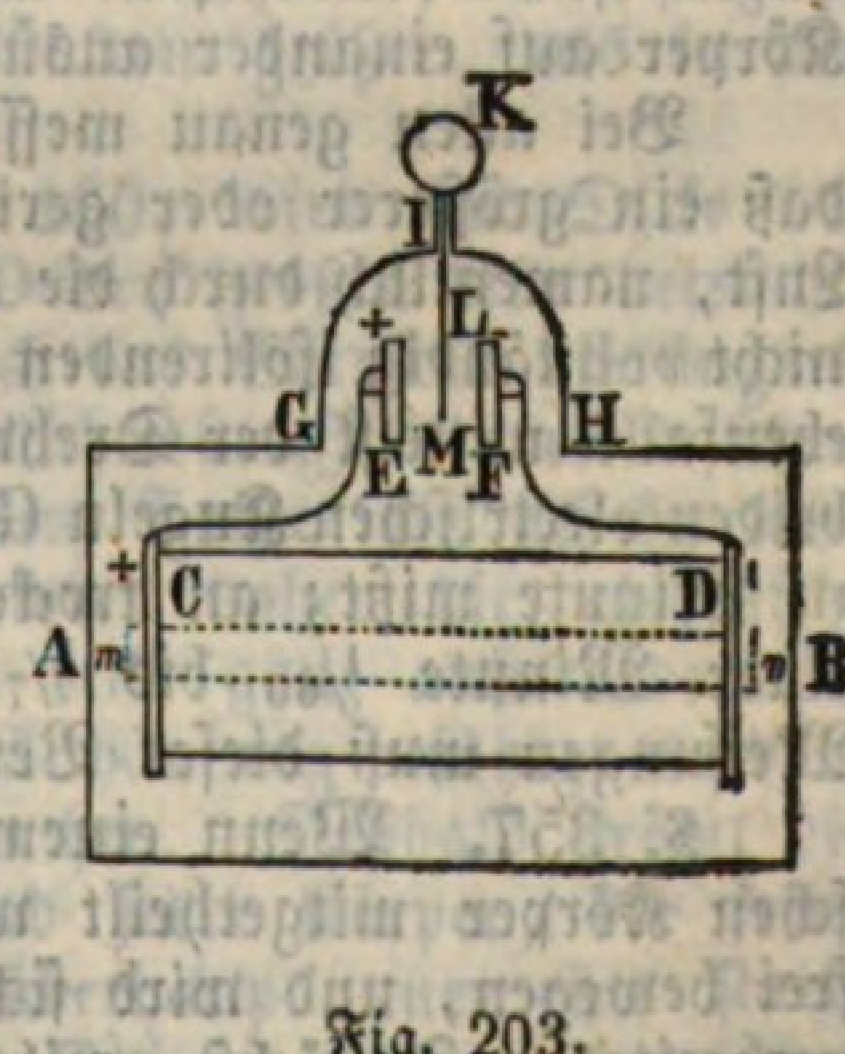


Fig. 203.

Beweglichkeit der Drähte C E und D F sich ausführen läßt. Haben beide electrische Scheiben einen gleichen Einfluß auf das Goldblättchen, so wird ihre vertheilende Wirkung gleich groß sein, und das Goldblättchen ruhig in seiner vertikalen Lage verbleiben. Um zu verhindern, daß ein Ende der Säule stärker wirke, als das andere, ist vor der Säule noch ein in der Figur punktirt gezeichneter Messingstab m n angebracht, der beim Andrücken die Messingfassungen der Säulen auf beiden Enden auf einen Augenblick mit einander verbindet, und ihre Electricität ausgleicht.

Wird nun dem Goldblättchen auf irgend eine Weise Electricität mitgetheilt, so werden die beiden electrischen Scheiben E und F verschieden auf das Goldblättchen L M wirken; wird ihm z. B. + Electricität mitgetheilt, so wird die Scheibe F das Goldblättchen anziehen, und die Scheibe E abstoßen; umgekehrt ist es, wenn dem Goldblättchen — Electricität mitgetheilt wird. Beide electrische Scheiben unterstützen sich in der Bewegung des Goldblättchens. Man erkennt bei diesem Bohnenberger'schen Electrometer (oder besser Electroskop), also gleich durch die Richtung, nach welcher sich das Goldblättchen bewegt, die Art der Electricität, und hat keinen weitern Versuch für diese Prüfung nöthig. Die Empfindlichkeit dieses Instrumentes läßt sich durch Annähern oder Entfernen der beiden Scheiben E und F vergrößern oder verkleinern.

§. 356. Die vorhin beschriebene Coulomb'sche Drehwage gewährt ein sicheres Mittel, um das Gesetz zu erfahren, nach welchem die Abstoßung zweier electrischen Kugeln mit der Entfernung abnimmt. Gesetzt, es stoßen sich die beiden Kugeln durch die ihnen mitgetheilte Electricität gerade bis auf 30° (nach rechts hin) ab; dann beträgt die Torsion des Drahtes 30°. Dreht man darauf den Zeiger und mit ihm das obere Ende des Drahtes so lange linksum, bis die Kugel G (Fig. 202) nur noch 15° von der Kugel B absteht, so wird man finden, daß man den Draht um 105° gedreht hat; die ganze Drehung des Drahtes beträgt also $15° + 105° = 120°$. Es verhalten sich folglich die abstoßenden Kräfte beider Kugeln in den Entfernungen bei 30° und 15° wie 30 : 120 oder wie 1 : 4. Die Entfernungen beider Kugeln bei 30° und 15° verhalten sich nahe wie 2 : 1. Es wirkt also in der halb so großen Entfernung die Electricität mit vierfacher Kraft; folglich verhalten sich die Abstoßungen zweier electrischen Körper umgekehrt wie die Quadrate ihrer Entfernungen von einander. Ebenso verhalten sich aber auch die Anziehungen, welche zwei ungleichnamig electrische Körper auf einander ausüben.

Bei allen genau messenden Versuchen hat man aber stets zu beachten, daß ein größerer oder geringerer Theil der Electricität der Körper durch die Luft, namentlich durch die in derselben enthaltene Feuchtigkeit, und durch alle nicht vollständig isolirenden Träger abgeleitet wird. Man kann diesen Verlust ebenfalls mittelst der Drehwage bestimmen, indem man die Abstoßungen der beiden electrischen Kugeln G und K nach bestimmten Zeiten, z. B. von Minute zu Minute mißt; an trockenen Tagen beträgt der Verlust durch die Luft in einer Minute $^1/_{60}$ bis $^1/_{70}$, an feuchten Tagen öfter $^1/_{20}$. Bei genauen Messungen muß dieser Verlust mit in Rechnung gebracht werden.

§. 357. Wenn einem leitenden Körper Electricität durch einen electrischen Körper mitgetheilt wird, so kann sich die Electricität in dem Leiter frei bewegen, und wird sich deßhalb auf eine bestimmte Weise in dem Leiter verbreiten. Zunächst ergibt sich, daß die freie Electricität sich nur auf den Oberflächen der Körper befindet, und nicht in dem Innern derselben. Man kann sich hiervon durch folgende Versuche überzeugen. Man electrisire

einen isolirten, aus Metall angefertigten Cylinder, in dessen Seitenwänden Vertiefungen von 1—2 Zoll Tiefe und 6—8 Linien Weite angebracht sind. Berührt man mit dem an einem Schellackstäbchen befindlichen Kügelchen K, Fig. 20, den Grund dieser Vertiefung, so zeigt das Kügelchen nach dem Zurückziehen aus der Vertiefung keine Electricität. — Ferner verfertige man sich zwei gleich große Metallkugeln, eine massive und eine zweite aus dünnem Bleche, und befestige sie an isolirenden Handhaben. Berührt man beide Kugeln mit einander, nachdem eine derselben electrisch gemacht worden, so wird sich die Electricität der einen Kugel genau zur Hälfte auf die andere begeben; es empfängt also die hohle Kugel gerade so viel Electricität, als die massive, was nicht der Fall sein könnte, wenn die Electricität sich auch in der Masse der Körper verbreitete.

Die Verbreitung der Electricität auf der Oberfläche eines Leiters findet ihre Erklärung in der gegenseitigen Abstoßung, welche gleichnamige Electricitäten gegen einander ausüben; sie entfernt sich also nach allen Seiten so weit, als es die Leitung gestattet, also bis auf die Oberfläche des Leiters, und der umgebende Nichtleiter (z. B. die Luft) ist gewissermaßen das Gefäß, welches die Electricität einschließt.

Auf einer Kugel vertheilt sich die Electricität so, daß sie an jedem Punkte derselben gleich stark ist, oder wenn man die Electricität des bequemern Ausdrucks wegen mit einer gewöhnlichen tropfbaren Flüssigkeit vergleicht, daß die electrische Schicht an jedem Punkte eine gleiche Dicke hat. Man kann sich von der Richtigkeit des Angeführten auf die früher (§. 354) angegebene Weise mit Hülfe der Coulomb'schen Drehwage überzeugen. Man berührt mit dem an dem Schellackstäbchen befindlichen Kügelchen oder Scheibchen (Probescheibchen) K, Fig. 202, die verschiedenen Punkte der electrischen Kugel, bringt dieses Probescheibchen dann wieder in die Drehwage, dem andern Scheibchen (oder Kügelchen) G gegenüber, und mißt die Stärke der in demselben enthaltenen Electricität. An allen Punkten der Kugel wird das Probescheibchen dieselbe Electricität aufnehmen.

Untersucht man dagegen die Vertheilung auf einem cylindrischen Leiter, z. B. auf A B in Fig. 199, so wird das Probescheibchen durch das Anlegen an die Enden A und B eine bedeutend größere Menge Electricität aufnehmen, als durch Anlegen an die Mitte der Seitenflächen. Die in das Probescheibchen übergangene Electricität muß aber in demselben Verhältniß, wie die Electricität des berührten Punktes, zu und abnehmen; es ist folglich die Dicke der electrischen Schicht an den Endpunkten größer, als in der Mitte der Seitenflächen.

An einem länglichen Ellipsoide, z. B. Fig. 180, wird die Dicke der electrischen Schicht an den Endpunkten C und D der großen Axe beträchtlicher sein, als in dem Kreise A B. Je mehr sich das Ellipsoid verlängert, desto mehr vergrößert sich die Dicke (oder die Anhäufung) der electrischen Schicht an den Endpunkten der großen Axe. — Eine Spitze läßt sich betrachten als ein sehr verlängertes Ellipsoid; es wird daher die electrische Schicht an der Spitze eines electrischen Körpers eine ganz außerordentlich große Dicke erhalten, und in Folge dieser starken Anhäufung befähigt werden, den Widerstand der umgebenden Luft zu durchbrechen. Deßhalb strömt die Electricität durch die Spitzen so leicht aus, und jeder Körper, der seine Electricität längere Zeit behalten, oder der überhaupt nur eine starke Electricität annehmen soll, muß frei sein von Spitzen. Ein electrischer Körper verliert aber seine Electricität nicht nur, wenn er selbst die Spitzen trägt, sondern auch, wenn man eine mit der Erde in leitender Verbindung

stehende Spitze ihm gegenüber hält; es strömt dann die in dieser Spitze durch Vertheilung hervorgerufene, entgegengesetzte, gebundene Electricität durch die Spitze zu dem vertheilenden Körper hinüber, und neutralisirt dessen Electricität.

Die Flammen brennender Körper verhalten sich ähnlich wie die Spitzen. Man kann eine durch Reiben electrisch gemachte Glasröhre augenblicklich von aller Electricität befreien, wenn man sie mit der Flamme einer Spirituslampe bestreicht. Volta brachte, um die Electricität der Luft wahrnehmbar zu machen, an seinem Strohhalmelectrometer einen verlängerten Draht an, dessen Spitze mit einer brennenden Spirituslampe in Verbindung stand; Andere wandten dazu ein Stückchen glimmenden Schwamm an, das an der Drahtspitze befestigt wurde.

Nähert man zwei gleichnamig oder ungleichnamig electrische Körper einander, oder auch nur einen electrischen Körper einem nicht electrischen Leiter, so wird die Verbreitung der Electricität in Folge der eintretenden Vertheilungswirkung des einen Körpers auf den andern eine andere werden, als wenn jeder der Körper frei für sich entfernt von allen Leitern dasteht. Auf zwei nahe bei einander stehenden electrischen Kugeln ist folglich die Dicke der electrischen Schicht in jedem Punkte nicht mehr gleich groß.

§. 358. Der eigenthümliche Zustand der gebundenen Electricität hat ein Mittel dargeboten, um die Electricität anzuhäufen, und dadurch ihre Wirkungen zu verstärken. Es sei C D, Fig. 204, ein leitender, an seinen Rändern abgerundeter Leiter. Wird derselbe mit einer gegebenen Electricitätsquelle in Berührung gebracht, so vermag er je nach seiner Größe und Form und Lage nur eine bestimmte Menge Electricität aufzunehmen; sie mag mit E bezeichnet werden, und sei z. B. positiv. Wird nun dieser Leiter auf eine dünne isolirende Schicht F G gelegt, so auch hierdurch in dem Quantum Electricität, das der Leiter C D aufnimmt, nichts geändert werden. Sobald man aber unterhalb der isolirenden Schicht einen zweiten, mit der Erde in Verbindung stehenden Leiter H I anbringt, wird der Leiter C D eine bedeutend größere Electricitätsmenge aufzunehmen im Stande sein. Sobald nämlich in den Leiter C D jetzt positive Electricität geleitet wird, so vertheilt diese positive in dem unterhalb befindlichen Leiter H I die beiden Electricitäten und bindet die ihr entgegengesetzte negative, während die in H I frei gewordene positive durch den mit der Erde in Verbindung stehenden Draht (oder Finger) k entweicht. Ist nun eine Electricitätsmenge = E in den obern Leiter C D eingetreten, so wird der größte Theil derselben sich mit der negativen Electricität des untern Leiters binden, und nur der übrig bleibende kleinere Theil als freie Electricität in C D vorhanden sein. Der Leiter C D kann aber eine freie Electricitätsmenge = E in sich aufnehmen; es wird derselbe daher, wenn die Electricitätsquelle fortwährend noch Electricität liefert, immer neue und neue Mengen in sich aufnehmen, deren größter Theil gebunden wird, und deren kleinster frei bleibt, bis endlich der übriggebliebene Rest freier Electricität = E ist. Gesetzt, es habe der Leiter C D dann die Electricitätsmenge + A aufgenommen; diese + A bindet in dem Leiter H I die Electricitätsmenge — B, und diese bindet wieder rückwärts in C D die Electricitätsmenge + A'. Es ist also in dem obern Leiter die Electricitätsmenge A' gebunden, und nur A — A' frei; diese freie Electricität A — A' muß aber gleich E sein, A — A' = E. Da der Leiter H I etwas von C D

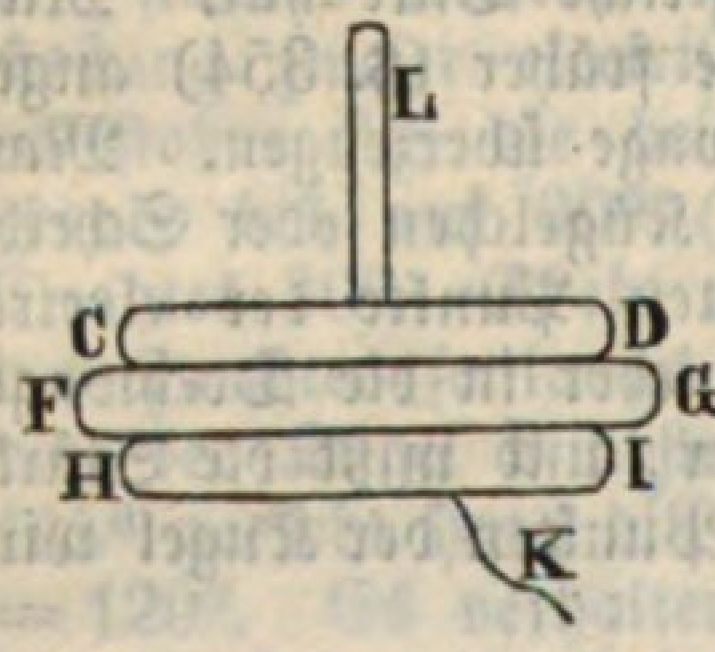


Fig. 204.

entfernt ist, so wird A in dieser Entfernung nicht eine Electricitätsmenge — A, sondern nur — B hervorrufen und binden können, so daß B kleiner ist als A. Bezeichnet also m einen ächten Bruch, so ist $B = m A$. Ebenso kann die in H I vorhandene Electricität — B in C D nicht wieder eine gleiche Menge + B binden, sonden nur eine kleinere + A', so daß $A' = m B$, weil A' in demselben Verhältniß zu B steht, als B zu A. Da $A' = m B$, und $B = m A$, so ist $A' = m m A = m^2 A$. Es war nun A so groß, daß $A - A' = E$, oder $A - m^2 A = E$ oder $A (1 - m^2) = E$, oder daß $\frac{A}{E} = \frac{1}{1-m^2}$. E war diejenige Electricitätsmenge, welche der Leiter C D allein aufnahm, A aber diejenige, welche er unter dem Einflusse des untern Leiters aufnahm, der Quotient $\frac{A}{E}$, oder was ihm gleich ist, $\frac{1}{1-m^2}$ gibt also an, wie viel Mal durch die Gegenwart des untern Leiters H I die von C D aufgenommene Electricität vermehrt wird.

Es wird nämlich die ganze Electricitätsmenge A, die zum größten Theile gebunden war, wieder frei, sobald der untere Leiter H I entfernt wird. — Befreit man vor dieser Entfernung den untern Leiter H I von seiner Verbindung mit der Erde, und nimmt ihn an einer isolirten Handhabe hinweg, so besitzt er nach der Entfernung von dem obern Leiter die freie Electricitätsmenge — B, die vorher gänzlich gebunden war.

Die Größe des Bruches m hängt von der Dicke und der Substanz der isolirenden Schicht ab; je mehr m sich der Einheit nähert, desto größer ist die Anhäufung der Electricität. Ist m z. B. = $^9/_{10}$, d. h. bindet die in C D befindliche Electricitätsmenge in H I $^9/_{10}$ so viel, so ist die unter dem Einflusse des untern Leiters von C D aufgenommene Electricitätsmenge $\frac{1}{1+(^9/_{10})^2} = \frac{1}{1+^{81}/_{100}} = \frac{100}{19}$, also ungefähr 5 Mal größer als ohne denselben.

§. 359. Volta hat das angegebene Verfahren benutzt, um die Electricitäten solcher Quellen, die eine sehr schwache Electricität andauernd liefern, so weit zu verstärken, daß sie durch die Bewegung der Goldblättchen oder Strohhalme der Electrometer sichtbar werden. Man nimmt nämlich zwei sehr gut auf einander abgeschliffene Metallplatten (oder zwei ebene Spiegelplatten, die man mit echtem Blattgold belegt), C D und H I, Fig. 205, und überzieht die einander zugekehrten Flächen der beiden Platten, nachdem sie heiß gemacht sind, mit einem guten Schellackfirniß; die einander abgewendeten Seiten läßt man frei. An der obern Platte ist eine isolirende Handhabe L befestigt; die untere Platte kann gleich mit dem Erdboden in Verbindung stehen, oder man kann sie isoliren, oder auch gleich auf die früher angegebenen Electrometer aufschrauben. Bringt man, wenn beide Platten gehörig isolirt sind, die eine derselben, z. B. die untere, mit der Electricitätsquelle, die andere, also die obere, dagegen mit der Erde in Verbindung (berührt die obere mit dem feuchten Finger), so wird die Electricität in der untern Platte durch die Rückwirkung der obern Platte verdichtet. Wenn nun die untere Platte gleich auf dem Drahte eines Electrometers (z. B. bei C, Fig. 201, oder bei K, Fig. 203) befestigt ist, so wird beim Abheben der obern Platte die sämmtliche in der untern vorhandene Electricität frei werden

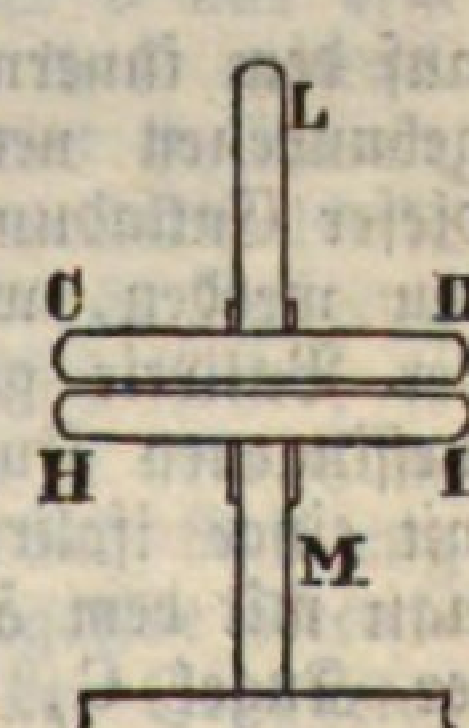


Fig. 205.

und auf die Electrometer wirken. Befreit man das Electrometer von dieser Electricität, so zeigt die obere Platte beim Berühren desselben mit einer nicht gefirnißten Stelle die entgegengesetzte (nach dem Abheben ebenfalls freigewordene) Electricität. Volta hat diese einfache, aber vortrefflich wirkende Vorrichtung Condensator genannt.

§. 360. Dasselbe Verfahren findet nun auch seine Anwendung in der Franklin'schen Tafel und der Leydner Flasche. Die Franklin'sche Tafel besteht aus einer Glastafel, welche auf beiden Seiten, mit Ausnahme eines 1—2 Zoll breiten Raumes am Umfange, mit Stanniol belegt ist. Der nicht belegte Theil des Umfanges wird mit Schellackfirniß überzogen. Diese Franklin'sche Tafel hat also genau dieselbe Einrichtung, wie sie Fig. 204 darstellt, wenn F G die Glastafel, C D und H I aber die beiden Metallbelege vorstellen. Wird nun z. B. das obere Beleg derselben mit einer Electricitätsquelle, das untere aber mit der Erde verbunden, so wird Electricität in der obern angehäuft; zugleich befindet sich auf der untern Seite die entgegengesetzte Electricität gebunden. Wenn man nun das obere und untere Beleg durch einen leitenden Körper mit einander in Verbindung setzt, so vereinigen sich beide Electricitäten mit Heftigkeit, und bringen, wenn der menschliche Körper die Verbindung bewirkt, eine heftige Erschütterung desselben hervor.

Denkt man sich eine solche Franklin'sche Tafel zusammengebogen, so entsteht eine Leydner Flasche A oder B, Fig. 206; man unterscheidet hier ein inneres und ein äußeres Beleg, und bringt, um bequemer zu dem innern Belege gelangen zu können, eine metallene, mit einer Kugel versehene Stange mit demselben in Verbindung. Die metallene Stange wird noch durch einen hölzernen mit Stanniol beklebten Deckel weiter oben in der Flasche befestigt.

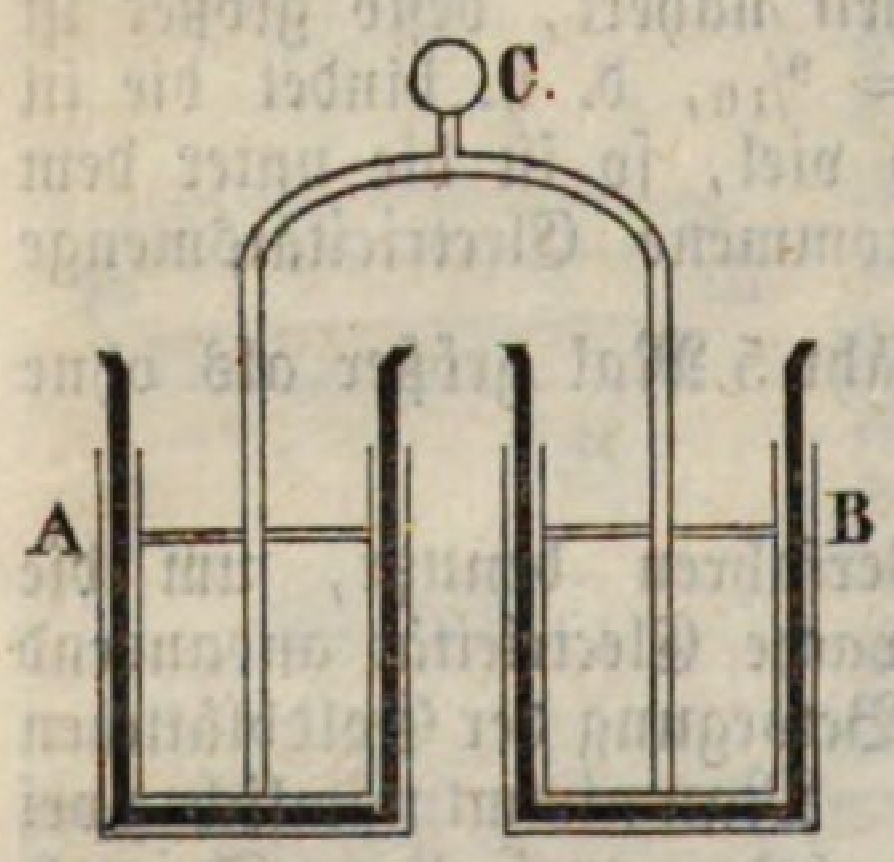


Fig. 206.

Will man eine sehr große Electricitätsmenge ansammeln, so bedient man sich entweder mehrerer Franklin'schen Tafeln, oder mehrerer Leydner Flaschen, deren gleichnamige Belege man mit einander verbindet, wie es Fig. 206 von zwei Flaschen A und B zeigt. Eine solche Zusammenstellung mehrerer Flaschen nennt man eine electrische Batterie. Die Vereinigung der auf dem innern Beleg angesammelten Electricität mit der auf dem äußern gebundenen nennt man die Entladung der Batterie; ehe aber die Gesetze dieser Entladung angegeben werden, soll erst noch die Vorrichtung beschrieben werden, welche die nöthige Electricitätsmenge liefert. Das Entladen der Batterie geschieht durch einen sogenannten Entlader; er besteht aus messingenen Kugeln, die von messingenen Drähten getragen werden, und mit einer isolirenden Handhabe versehen sind. Die eine Kugel verbindet man mit dem äußern Beleg der Batterie nnd nähert dann die andere Kugel der Kugel C, welche mit dem innern Belege der Batterie in Verbindung steht.

§. 361. Die beiden am häufigsten angewandten Instrumente, um Electricität in größerer Menge zu erzeugen, sind die Electrisirmaschine und der Electrophor. Die Electrisirmaschine besteht aus drei Haupttheilen, aus dem geriebenen Körper, der entweder eine Glasscheibe, oder ein Glascylinder ist, aus einem Reibzeuge und aus einem Leiter (Conductor), um

die durch Reiben des Glases gegen das Reibzeug erregte Electricität aufzunehmen. Fig. 207 stellt den Durchschnitt durch eine Cylindermaschine senkrecht auf die Axe des Cylinders dar. A ist der Glascylinder, B das Reibzeug, D E F G der Conductor, und H I gläserne Säulen, welche den Conductor isoliren und tragen. Der Glascylinder ist mit seinen Enden in Holz- oder Metallbüchsen gekittet, welche mit metallenen Zapfen versehen sind; die Umdrehung geschieht gewöhnlich durch eine an dem einen verlängerten Zapfen angebrachte Curbel. Das Reibzeug B besteht aus einem ledernen, mit elastischen Haaren gepolsterten Kissen, das auf einer hölzernen oder metallenen Unterlage ruht, die durch eine Schraube gehoben oder gesenkt werden kann. Das Reibzeug ist so lang als die Seitenfläche des Cylinders, aber noch nicht zwei Zoll breit; die am Glase liegende Fläche des Leders ist mit einem Amalgam aus 1 Theil Zinn, 1 Theil Blei und 2 Theilen Quecksilber (Kienmayer'sches Amalgam), das mit ein wenig frischem Schweinefett aufgestrichen wird, versehen. Um die reibende Fläche zu vergrößern und zugleich die erzeugte Electricität zusammen zu halten, ist an der Seite des Reibzeugs, welche der Cylinder beim Umdrehen verläßt, ein Stück Wachstaffet B C so lang als das Reibzeug angenähet. Der Wachstaffet umgibt den Cylinder beim Drehen so weit, daß sein Ende C nur 1 bis 2 Zoll weit von D entfernt bleibt. Der Theil D des Conductors ist nämlich der sogenannte Aufsauger, ein Metallcylinder von noch nicht 1 Zoll Durchmesser, und von der Länge des Cylinders; er wird dem Cylinder bis auf eine oder zwei Linien genähert und nimmt die durch Reiben des Cylinders erzeugte Electricität in Funken oder (im Dunkeln) leuchtenden Strömen auf. (Genau ausgedrückt entsteht zwischen dem Metallcylinder D und dem positiv electrischen Glascylinder eine Vertheilung; die dadurch in D entstandene negative Electricität neutralisirt die positive Electricität des Cylinders, und die dadurch in dem Conductor D E F G frei gewordene positive bleibt zurück). Der Conductor erhält also positive Electricität, während das Reibzeug negativ electrisch wird; ist das Reibzeug durch einen Glasfuß isolirt, so sammelt sich in ihm die negative Electricität an. Wenn man in dem Conductor starke positive Electricität ansammeln will, so muß das Reibzeug leitend mit der Erde verbunden werden; will man aber die negative Electricität des isolirten Reibzeuges anhäufen, so muß umgekehrt der Conductor mit der Erde in leitende Verbindung gebracht werden.

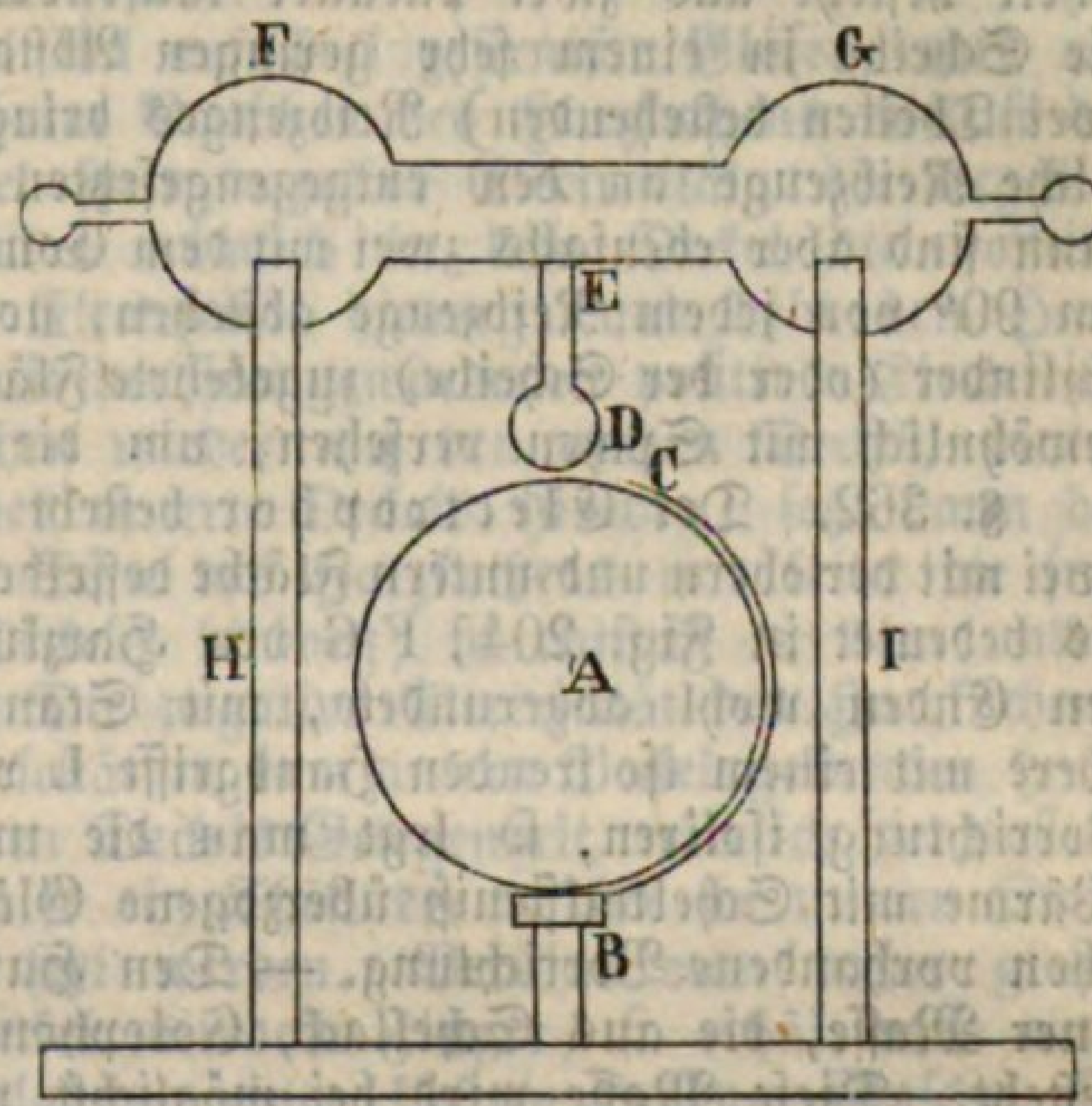


Fig. 207.

Die Scheibenmaschinen unterscheiden sich nur durch ihre Form von der beschriebenen Cylindermaschine; die Scheibe ist in der Mitte durchbohrt, und auf einer Axe befestigt. Das Reibzeug besteht aus zwei Theilen, welche einander gerade gegenüber gegen die beiden Flächen der Scheibe durch Federn oder Schrauben angedrückt werden; an jedem Theile des

Reibzeuges ist ein Stück Wachstaffet befestigt, das die Scheibe bis in die Nähe des Aufsaugers bedeckt. Dieser mit dem Conductor zusammenhängende Theil besteht aus zwei parallel laufenden Theilen, zwischen welchen sich die Scheibe in einem sehr geringen Abstande bewegt. Anstatt eines (aus zwei Theilen bestehenden) Reibzeuges bringt man bei großen Scheiben zwei solche Reibzeuge an den entgegengesetzten Enden eines Durchmessers an; dann sind aber ebenfalls zwei mit dem Conductor verbundene Aufsauger, die um 90° von jedem Reibzeuge abstehen, nothwendig. — Die dem geriebenen Cylinder (oder der Scheibe) zugekehrte Fläche des Aufsaugers wurde früher gewöhnlich mit Spitzen versehen, um die Electricität leichter aufzunehmen.

§. 362. Der Electrophor besteht aus einem Harzkuchen, und aus zwei mit der obern und untern Fläche desselben in Berührung gebrachten Leitern. Es bedeutet in Fig. 204, F G den Harzkuchen, C D und H I aber zwei an den Enden wohl abgerundete, mit Stanniol beklebte Holzscheiben, deren obere mit einem isolirenden Handgriffe L versehen ist. Will man die ganze Vorrichtung isoliren, so legt man die untere Holzscheibe auf drei in der Wärme mit Schellackfirniß überzogene Gläser oder eine zum Isoliren sonst schon vorhandene Vorrichtung. — Den Harzkuchen gießt man am besten aus einer Masse, die aus Schellack, Colophonium und venetianischem Terpentin besteht. Diese Masse wird bei möglichst niedriger Temperatur geschmolzen, um die Bildung von zu vielen kleinen Luftblasen zu vermeiden, und dann auf eine Marmorplatte oder in Ermangelung einer solchen auf einen Bogen Papier, der auf einem Reißbrette glatt aufgespannt ist, in einen aus Pappe gebildeten Ring ausgegossen. (Das Papier löst sich meistens nach dem Erkalten von selbst, wenn die Temperatur der aufgegossenen Masse nicht zu hoch gewesen ist; geschieht dieß nicht, so muß man es durch Abschleifen mit Bimsstein und Wasser zu entfernen suchen). — Gewöhnlich gießt man den Kuchen in eine aus Pappe, die mit unechtem Silberpapier überklebt ist, oder auch aus Metallblech verfertigte Form mit aufrecht stehendem, einige Linien hohem Rande. Durch ungleiche Ausdehnung des Harzes und Metalles und durch das Verziehen der Pappe erhalten aber diese fest in die Form gegossenen Harzkuchen sehr bald Risse, so daß sie umgegossen werden müssen, wenn die Form aus Pappe ist; den in einer metallenen Form befindlichen Harzkuchen kann man gleich in dieser erhitzen, bis er weich wird und wieder zusammenfließt. Dieser Uebelstand wird jedoch durch die zuerst angegebene Vorrichtung gänzlich vermieden.

Wird nun der Harzkuchen (ohne eine Unterlage) auf drei gefirnißte Gläser gelegt, und mit einem Fuchsschwanze auf seiner obern Fläche gepeitscht, so wird er negativ electrisch, während der Fuchsschwanz die positive Electricität annimmt. Man überzeugt sich hievon durch Berührung des Harzkuchens mittelst eines kleinen, an einem gefirnißten Glasstabe befindlichen Metallkügelchens, dessen Zustand man nachher an dem Electrometer untersucht; beide Oberflächen, die obere und die untere ertheilen dem Probekügelchen negative Electricität. Legt man dann mittelst der isolirenden Handhabe den obern Deckel C D auf den Harzkuchen, so wird die negative Electricität des Kuchens positive im Deckel binden und negative frei machen. Nähert man den Finger dem obern Deckel, so geht diese freie negative Electricität als Funken über; der Deckel behält dann nur seine gebundene positive Electricität. Hebt man darauf den Deckel an der isolirenden Handhabe ab, so wird die gebundene positive Electricität frei. Die untere Fläche des Harzkuchens zeigt hiebei fortwährend negative Electricität, wenn gleich schwächer, während der obere Deckel aufliegt. Entzieht man der untern Fläche

durch Berührung ihre freie negative Electricität, während der obere Deckel aufliegt, so tritt sogleich beim Abheben des obern Deckels auf der untern Fläche wieder negative Electricität hervor.

Legt man den untern Deckel H I auf drei gefirnißte Gläser, und auf diesen den Harzkuchen, so zeigt beim Peitschen des Harzkuchens mittelst des Fuchsschwanzes der untere Deckel freie negative Electricität; die negative Electricität des Harzkuchens bindet nämlich in dem Deckel die positive. Nimmt man diese freie negative Electricität hinweg, und hebt den Harzkuchen ab, so bleibt der Deckel mit der frei gewordenen positiven Electricität zurück. Legt man den Harzkuchen wieder auf den untern Deckel, nimmt alle freie negative Electricität des untern Deckels hinweg, setzt dann den obern Deckel C D auf die obere Seite des Harzkuchens und leitet die freie negative Electricität des obern Deckels hinweg, so entsteht in dem untern Deckel freie positive Electricität. Die negative Electricität des Harzkuchens, die früher allein die positive Electricität in dem untern Deckel gebunden hatte, findet durch das Auflegen des obern Deckels Gelegenheit, nämlich hier positive Electricität zu binden; es muß also ein Theil der vorher im untern Deckel gebundenen positiven Electricität frei werden. Berührt man daher gleichzeitig den obern und untern Deckel mit dem Finger, so erhält man einen kleinen Schlag, wie bei der Entladung einer kleinen Leydner Flasche. Ist durch diese Berührung sämmtliche freie Electricität aus den beiden Deckeln entfernt, und hebt man den obern Deckel ab, so erhält man in ihm freie positive Electricität, in dem untern dagegen freie negative, weil die gesammte Electricität des Harzkuchens ihre vertheilende Wirkung jetzt wieder nach unten richtet, dort positive bindet, und folglich negative frei macht. Hebt man, nachdem beide Deckel den Kuchen bedeckt haben, und ihrer freien Electricität beraubt worden sind, den Harzkuchen mit dem festliegenden obern Deckel ab, so wird der untere Deckel die frei gewordene positive Electricität zeigen.

Um mit Hülfe des Electrophors eine kleine Leydner Flasche (oder Franklin'sche Tafel) zu laden, braucht man also nur, während der Kuchen auf dem untern Deckel oder in der Form liegt, den (obern) Deckel auf denselben zu legen, diesen mit dem untern oder der Form leitend zu verbinden, den obern Deckel abzuheben, und dem Knopfe der Flasche zu nähern. Durch mehrmalige Wiederholung dieses Verfahrens läßt sich eine ziemlich starke Ladung erzeugen.

§. 363. Wenn man die oben §. 361 beschriebene Cylindermaschine in guten Zustand setzt, so hält es nicht schwer, aus den kleinen an den Enden des Conductors angebrachten Kugeln, Funken von 1 Fuß Länge zu erhalten, die sich, wenn man z. B. einer der kleinen Kugeln die Hand in dieser Entfernung entgegen hält, sehr schön baumartig verzweigend gegen die Hand erstrecken. Man stellt natürlich solche Versuche in einem dunkeln Zimmer an. Die Länge der Funken hängt übrigens sehr wesentlich von der Form des Conductors ab; die oben Fig. 207 gezeichnete Form ist zur Erzeugung langer Funken sehr günstig. — Bei genauerer Betrachtung unterscheidet man in jedem Funken neben dem hellen Theile einen violetten, der seine Lage aber nach den Umständen abändert.

Am schönsten zeigt sich das electrische Licht beim Durchgange durch den leeren Raum. Man nimmt hiezu am einfachsten einen etwas weiten, 1 Fuß langen Glascylinder, und kittet an den beiden Enden Metallfassungen, die auf der innern Seite mit einer Menge feiner Spitzen versehen sind, luftdicht mit Siegellack fest. In dem einen Deckel ist ferner eine kleine Blechröhre eingelöthet, in welche ein Stückchen einer engen Glasröhre

eingekittet wird; man verbindet dann die Glasröhre mit dem Recipienten einer Luftpumpe, pumpt den Glascylinder leer und schmilzt die Glasröhre in einiger Entfernung von dem Deckel zu. Verbindet man nun den einen Deckel mit dem Conductor der Electrisirmaschine, während der zweite mit dem Reibzeuge oder der Erde in Verbindung steht, so sieht man im Dunkeln einen leuchtenden Strom durch den Cylinder gehen. — Bringt man bei einem ähnlichen Cylinder auch in dem zweiten Deckel eine eben solche Röhre an, so kann man mittelst der beiden Röhren den Cylinder bequem mit verschiedenen Gasarten anfüllen und das Licht der Funken und die Schlagweite der Funken in demselben bestimmen, wenn man an der innern Seite der Deckel zwei Kugeln einander gegenüber gestellt hat. Im Wasserstoffgase ist die Schlagweite größer als im Sauerstoffgase. (Das Leuchten des obern luftleeren Raumes im Barometer beim Bewegen des Quecksilbers in demselben entsteht durch das Leuchten der mittelst Reibung des Quecksilbers am Glase erregte Electricität.)

Bringt man an einem Conductor eine Spitze an, so strömt die Electricität durch dieselbe unter Erscheinung eines Lichtbüschels in die Luft aus. Der Lichtbüschel wird leichter und größer erhalten, wenn der Conductor positiv, als wenn er negativ geladen ist. In andern Gasarten ist die Farbe und Größe desselben verschieden.

Verbindet man den Conductor einer Electrisirmaschine mit einer vertikal gerichteten Spitze, auf welche man einen Draht von der in Fig. 208 gezeichneten Form mit der in seiner Mitte befindlichen Vertiefung F setzt (so daß die Spitzen A B und C D horizontal liegen, und der ganze Draht A C sich in einer horizontalen Ebene bewegen kann), so beginnt der Draht A C auf ähnliche Weise, wie das Segner'sche Wasserrad §. 157, sich in der Richtung der Pfeile umzudrehen. Die Bewegung entsteht in Folge der Ausströmung der Electricität aus den Spitzen; im Dunkeln erscheinen an den Spitzen die Lichtbüschel.

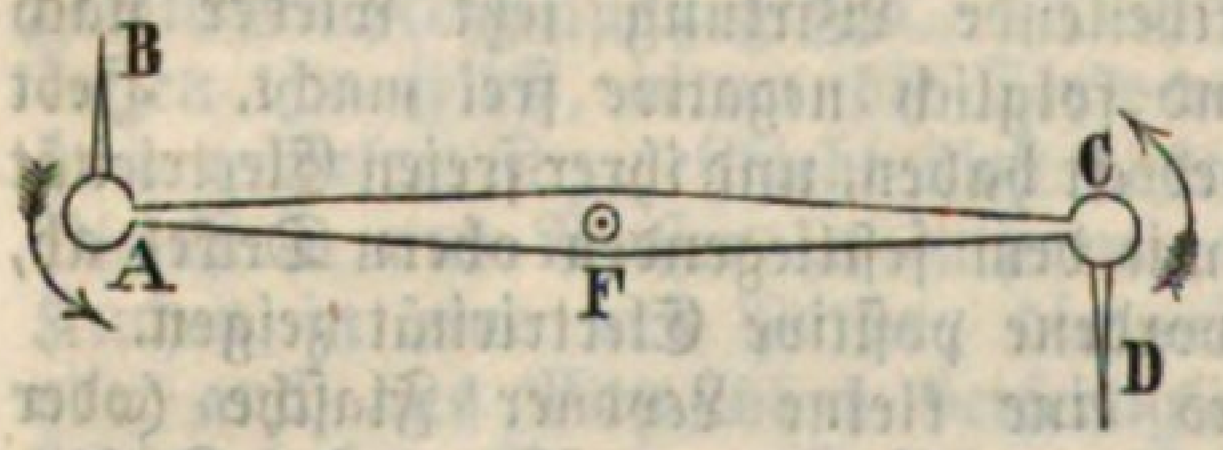


Fig. 208.

Läßt man den Funken eines Conductors auf einen nicht electrischen Harzkuchen schlagen, so erhält man eigenthümliche Figuren (Lichtenberg-sche Figuren), wenn man die getroffenen Stellen mit feinen, durch Leinwand gestäubten Pulvern bestreut; die Stellen, auf welche die positive Electricität schlug, zeigen mehr strahlige, die anderen, auf welche die negative schlug, mehr wolkige Figuren. Am schönsten erhält man die Figuren, wenn man eine kleine messingene Glocke (ohne Schläger), oder einen kleinen Metalltiegel oder einen Metallring mit seinem Rande auf den Harzkuchen stellt, und den Funken durch dieses Metall schlagen läßt. Schüttet man dann in ein Glas mit etwas weiter Oeffnung trockene Schwefelblumen und Mennige, bindet die Oeffnung mit einem Stückchen Mousselin straff zu, und beutelt durch denselben das gemischte Pulver mittelst Schütteln hindurch, so wird der Schwefel beim Reiben gegen den Mousselin negativ, die Mennige aber beim Reiben gegen Mousselin positiv. Hält man nun die Oeffnung des Glases ungefähr 1 Fuß hoch über den Harzkuchen, auf welchen man so eben hat einen Funken schlagen lassen, so wird der negative Schwefel von allen positiven Stellen, und die positive Mennige von allen negativen Stellen des Harzkuchens angezogen. Auch wenn man nur eine Electricität

auf den Harzkuchen geleitet hat, zeigen sich dennoch auch Stellen, wo die entgegengesetzte Electricität vorhanden ist, offenbar eine Folge der vertheilenden Wirkung der angewandten Electricität.

§. 364. Bei seinen Versuchen mit der electrischen Batterie fand Rieß, daß die Schlagweite (d. h. die größte Entfernung, in welcher zwischen der Kugel der Batterie und einer ihr genäherten mit dem äußern Beleg in Verbindung stehenden Kugel der Entladungsfunke überspringt), nicht von der Natur derjenigen Stoffe abhängt, aus welchen der Schließungsbogen gebildet ist.) Unter Schließungsbogen versteht man diejenigen Körper, z. B. Drahtlängen, durch welche die zweite Kugel mit dem äußern Belege verbunden ist.) Die Schlagweite nimmt zu proportional mit der in der Batterie angehäuften Electricitätsmenge, aber umgekehrt proportional mit der Größe der belegten Fläche der Batterie. Die in dieser Schlagweite vernichtete (sich aufhebende) Electricität beträgt ungefähr $^{11}/_{13}$ der in der Batterie vorhandenen Electricitätsmenge. Wenn eine Batterie entladen wird, so entsteht aber nicht ein einziger Funke, sondern eine Reihe sehr schnell auf einander folgender.

Läßt man den Entladungsfunken einer Batterie durch einen Draht schlagen, so erwärmt er ihn; die erzeugte Wärme läßt sich messen, wenn man den Draht durch die Kugel eines Luftthermometers, Fig. 187, durchführt. Rieß fand, daß die electrische Erwärmung eines Drahtes proportional geht mit dem Quadrate der in der Batterie angehäuften Electricität, und umgekehrt proportional mit der Größe der belegten Fläche. Die Temperaturerhöhung zweier Drähte ist unabhängig von ihrer Länge, verhält sich aber umgekehrt wie die vierte Potenz ihrer Durchmesser (wenn dieselbe Batterie bei beiden gleich stark geladen wird). Die verschiedenen, in Drahtform anwendbaren Metalle leiten den electrischen Funken mit ungleicher Leichtigkeit; je mehr ein Draht die Entladung verzögert, desto mehr erwärmt er sich unter übrigens gleichen Umständen. Durch Versuche lassen sich also von gleich dicken Drähten der verschiedenen Metalle solche Längen angeben, daß gleiche Batterieladungen, welche durch dieselben hindurchgehen, eine gleiche Menge Wärme erzeugen. Setzt man die Länge des Kupferdrahtes = 100, so sind nach Rieß die entsprechenden, gleiche Wärmemengen erzeugenden Längen für Silber 148,7; Kupfer 100; Gold 88,9; Cadmium 38,3; Messing 27,7; Palladium 18,2; Eisen 17,7; Platin 15,5; Zinn 14,7; Nickel 13,2; Blei 10,3; Neusilber 8,9, d. h. in einer Länge von 8 Zoll Neusilberdraht wird durch dieselbe Batterieladung eben so viel Wärme frei, als in eine Länge eines Silberdrahts (gleicher Dicke) von 148,7 Zoll u. s. w.

Wenn die Entladung einer Batterie durch einen sehr dünnen, lose aufgehangenen Draht geleitet wird, so zeigen sich in ziemlich regelmäßigen Abständen winklige Einbiegungen. Verstärkt man die Electricität, so wird der Draht zerrissen und zerstäubt; es geschieht diese Zerreißung nicht in Folge der Schmelzung durch Temperaturerhöhung. — Leitet man einen sehr starken Schlag durch ein Streifchen Blattgold, das zwischen zwei Glasstücken liegt, so wird es ebenfalls zerstäubt, und haftet dann an dem Glase, das im durchgehenden Lichte an diesen Stellen violett aussieht. Sehr häufig werden die Gläser hiebei zerschlagen.

Läßt man die Entladung der Batterie zwischen zwei Kugeln so geschehen, daß der Funken durch ein Stanniol- oder Kartenblatt schlagen muß, so findet man dasselbe durchlöchert; die Ränder des Loches im Kartenblatt sind nach beiden Seiten hin aufgebogen. Stellt man die beiden Kugeln so,

daß die Verbindungslinie zwischen ihren nächsten Punkten nicht genau senkrecht steht auf der Fläche des Stanniolblättchens, so erhält man in letzterm nicht ein, sondern zwei Löcher mit Rändern, die nach entgegengesetzter Seite aufgebogen sind. Dieser Versuch liefert aber keineswegs einen Beweis für die Existenz zweier electrischen Flüssigkeiten.

Stellt man in der Nähe des electrischen Funkens die früher angeführten Leuchtsteine (geglühte Austerschaalen u. s. w.) §. 276, so beginnen sie im Dunkeln eben so zu leuchten, als wenn man sie dem Sonnenlichte ausgesetzt hätte. Leitet man die Entladung der Batterie mittelst zweier auf Glasstäben e und f isolirt befestigter Drähte, deren einer z. B. a b, Fig. 209, mit dem äußern Beleg, und deren anderer c d mit dem Entlader verbunden ist, über ein Stück Kreide oder Flußspath, so leuchtet die getroffene Stelle längere Zeit fort.

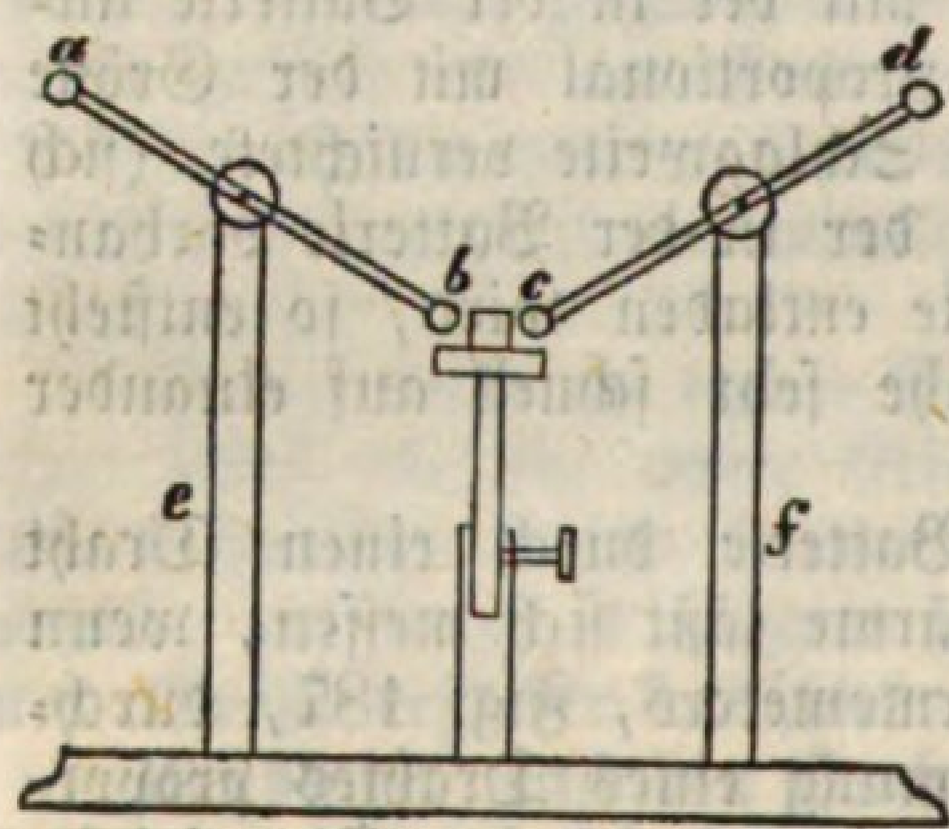


Fig. 209.

§. 365. Viele Mineralien werden durch Druck auch ohne alle Reibung electrisch; sehr leicht erregbar durch Druck ist der Kalkspath.

Durch Veränderung in der Temperatur sowohl durch Erhöhung als auch durch die darauf folgende Erniedrigung werden gewisse Krystalle, die in ihrer Form nicht symmetrisch sind, electrisch, und zwar treten an jedem einzelnen Krystalle beide Electricitäten immer zugleich auf (Thermoelectricität). Am längsten bekannt ist der Turmalin. Erwärmt man einen säulenförmigen Krystall dieses Minerals, so zeigt das eine Ende die positive, das entgegengesetzte aber die negative Electricität. Läßt man die Temperatur sich wieder erniedrigen, so wird das beim Erwärmen positive Ende jetzt beim Abkühlen das negative, und das beim Erwärmen negative jetzt beim Abkühlen das positive. Sehr bequem kann man diese Erscheinung verfolgen, wenn man an den Draht des Electrometers, Fig. 203, das eine Ende eines dünnen, etwas langen Drahtes befestigt, und das andere Ende desselben mittelst einer Schellack- oder Glasstange an die zu untersuchenden Stellen des Krystalles anlegt. Am Turmalin finden sich nur zwei electrische Pole, und dasselbe gilt auch von den Krystallen des Kieselzinkerzes, des Skolezits (Mesotyps), Zuckers, der Weinsäure, des neutralen weinsauren Kalis. In den Bergkrystallen, Fig. 178, aus Schlesien fand ich auf den Seitenflächen sechs Pole, abwechselnd positiv und negativ, so daß ein positiver Pol einem negativen gegenüber stand, und umgekehrt. In dem weinsauren Kali-Natron und in dem Topase fand ich vier Pole auf den Seitenflächen der Säule, abwechselnd positiv und negativ, so daß gleichnamige Pole einander gegenüber zu liegen kommen; bei den sibirischen Krystallen des Topases erscheinen aber noch zwei Pole (ein positiver und negativer) an dem obern und untern Endpunkte der Säule. Eben solche vier Pole fanden Rieß und Rose an dem Axinit; und vielleicht zeigt auch der Prehnit ein gleiches Verhalten.

In dem Titanitkrystall fand ich ebenfalls vier Pole, die aber während der Erwärmung nicht dieselben blieben, sondern sich bei einem bestimmten Temperaturgrade noch während der Erwärmung in die entgegengesetzten verwandelten; beim Abkühlen zeigte auch jeder Pol wieder nach einander beide Electricitäten, und zwar bei jeder Temperatur die umgekehrte von derjenigen, welche er bei derselben Temperatur beim Erwärmen besaß. — Die Krystalle des Boracits sind Würfel (mit einigen andern Flächen), und

zeigen acht Pole, nämlich auf jeder Würfelecke einen, so daß zwei benachbarte Ecken immer entgegengesetzte Electricität besitzen. Aus meinen Versuchen ergab sich nun, daß beim Erwärmen jeder Pol zwei Mal bei bestimmten Temperaturen seine Electricität wechselt, und ebenso beim Abkühlen zwei Mal bei denselben Temperaturen. War also z. B. eine Ecke beim Anfange der Erwärmung +, so nahm ihre Electricität allmählig ab, verschwand ganz und erschien bei 100° als entgegengesetzte, also negative wieder; diese negative wuchs, erreichte ihre größte Stärke, nahm wieder ab, wurde bei 160° Null, und ging bei noch weiterer Erhitzung in die positive über. Wurde der Krystall noch weiter bis 200° erhitzt, und dann die Flamme der erhitzenden Lampe ausgelöscht, so wurde dieselbe Ecke des Würfels erst negativ, dann bei 160° wieder positiv, und zuletzt von 100° abwärts wieder negativ. Umgekehrt in Hinsicht auf die Benennung der Electricitäten verhielten sich die andern Ecken, die bei anfangender Erwärmung negativ sind. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß auch in der Mitte der Würfelflächen noch Pole liegen. — Der Rhodicit (borarsaure Kalkerde) hat dieselbe Krystallform wie der Boracit, und wahrscheinlich auch dieselben Umkehrungen.

Merkwürdig ist die Beziehung, welche sich zwischen dieser Krystallelectricität und der circularen Polarisation darbietet. Unter den thermoelectrischen Krystallen zeigen Zucker, Weinsäure, weinsaures Kali, weinsaures Natron, Kali im flüssigen, und der Bergkrystall im festen Zustande die circulare Polarisation (§. 271).

§. 365. Eine neue Quelle starker Electricität ist in der letzten Zeit durch Armstrong's Versuche bekannt geworden. Wenn nämlich sehr stark comprimirter Wasserdampf zu einer geeigneten Röhre ausströmt, so theilt er einem vorgehaltenen, mit Spitzen versehenen isolirten Leiter sehr starke positive Electricität mit, während der isolirte Dampfkessel, aus welchem der Dampf ausströmt, mit negativer Electricität zurück bleibt. Nach den Versuchen Faraday's scheint die hiebei frei werdende Electricität durch die Reibung, welche die niedergeschlagenen Wassertheilchen durch den mit Heftigkeit ausströmenden Dampf an den Wänden der Röhre erleiden, zu entstehen. Wenn Faraday in die Röhre, durch welche der Dampf ausströmte, etwas Oel einführte, so kehrte sich die Electricität des ausströmenden Dampfes um; der in dem Dampfstrahl gehaltene Leiter zeigte negative Electricität, während der isolirte Dampfkessel positiv war.

Um eine solche Hydroelectrisirmaschine in kleinem Maaßstabe herzustellen, construirt Armstrong einen kleinen Dampfkessel von ungefähr 3 Fuß Länge und etwas mehr als 1 Fuß Durchmesser, dessen Heizung im Innern angebracht ist, von solcher Stärke, daß er ohne Gefahr einen Druck von 9 Atmosphären aushält; der Dampfkessel wird durch vier Glasfüße isolirt. Oben an dem Dampfkessel befindet sich eine, mit einem Hahne versehene gußeiserne Röhre, die ungefähr in ihrer Mitte von einem kleinen, einige Zoll langen und breiten Messinggefäße umgeben ist; in diesem Messinggefäße befindet sich etwas Baumwolle, die durch eine Oeffnung an der obern Seite mit etwas Wasser befeuchtet wird. Durch diese kleine Vorrichtung soll sich im Innern der eisernen Röhre etwas Dampf zu Wasser condensiren, und letzteres beim heftigen Ausströmen des Dampfes gegen die Wände gerieben werden. Um jedoch diese Reibung möglichst zu erhöhen, bringt Armstrong an dem Ende der Röhre eine Ausströmungsöffnung von der in Fig. 210 im Durchschnitt gezeichneten Form an. An das Ende der eisernen Röhre A B, Fig. 210, ist ein messingenes Endstück von der Form C E F D angeschraubt. Dieses Messingstück hat unten einen Vorsprung k, der

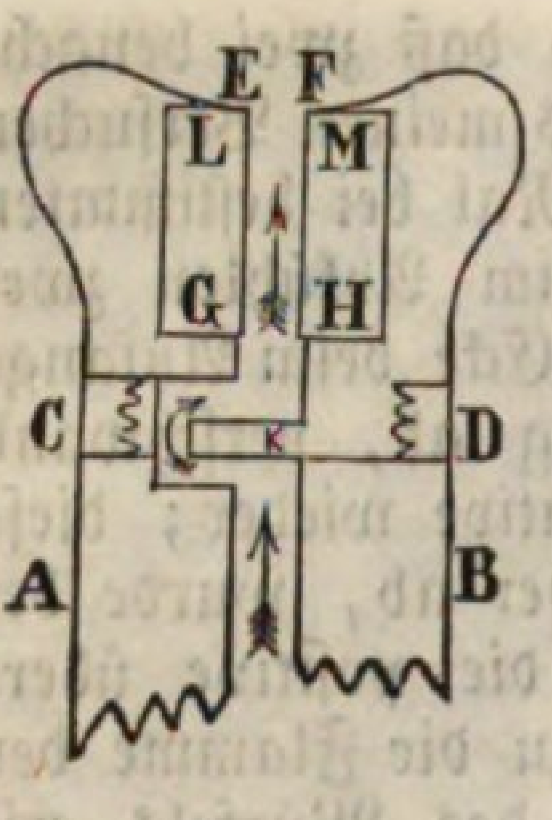


Fig. 210.

den Dampf nöthigt, den gebrochenen Weg um k herum einzuschlagen. Der innere Theil des Messingstückes oberhalb dieser Verengerung und Umlenkung des Dampfes ist mit einem kleinen Holzcylinder L M G H, der in der Mitte durchbohrt ist, ausgefüttert. Indem der Dampf aus der Biegung hinausströmt, trifft er mit Heftigkeit gegen die innere Seite dieses hohlen Holzcylinders. Der Oeffnung gegenüber (einige Fuß entfernt) wird nun ein durch einen Glasfuß isolirter, mit Spitzen versehener Conductor gestellt. — Man läßt beim Gebrauch den Dampf sich bis zu einer Spannung von 7—9 Atmosphären anhäufen, und öffnet dann erst den Hahn in der Ausströmungsröhre.

§. 366. Galvani hatte zu einem bestimmten Zwecke eben erst durch Abschneiden der Köpfe getödtete Frösche so zubereitet, daß ihr Vorderkörper mit dem Hinterkörper nur durch die beiden starken Nerven zusammenhing, welche neben dem Rückgrat herablaufen. Diese Präparate lagen auf Glas isolirt auf einem Tische in der Nähe des Conductors einer Electrisirmaschine. Wenn Jemand ein Messer oder einen andern Leiter an einen Theil des auf die angegebene Weise präparirten, auf Glas isolirten Frosches hielt, so zuckt der todte Frosch mit den Hinterfüßen, so bald aus dem Conductor der Electrisirmaschine ein Funke ausgezogen wurde. Durch die Ladung des Conductors entsteht nämlich in dem isolirten Frosche und dem ihn berührenden Leiter eine electrische Vertheilung, und beim Ausziehen des Funkens aus dem Conductor hört diese Vertheilung plötzlich auf; es tritt das gewöhnliche Gleichgewicht zwischen den beiden Electricitäten wieder ein. Diese schnelle Bewegung der Electricität durch die Nerven des Frosches erregte diese Nerven kurz nach dem Tode, und bewirkte die erwähnten Zuckungen der Hinterfüße.

Auf mancherlei Umwegen gelangte Galvani dann dahin, diese Zuckungen des auf die angegebene Weise präparirten Frosches auch durch Berührung mit einem Metallbogen aus zweierlei, und selbst aus einerlei Metalle hervorzubringen; es mußte das eine Ende dieses Metallbogens (zweier mit ihrem einen Ende verbundenen Drähte), den vordern und das andere den hintern Theil des präparirten Frosches berühren. Der Versuch, daß diese Zuckungen unter sehr günstigen Umständen auch durch Berührung mit einem einzigen Metalle (Drahte) gelingen, leitete den Galvani irre; er verglich die Muskel nebst den in ihnen verlaufenden Nerven mit einer geladenen Leydner Flasche, suchte also die Ursache dieser Electricität, welche die Zuckungen erzeugte, allein in dem thierischen Körper, und betrachtet den metallischen Drahtbogen nur als ein Mittel, diese angehäufte thierische Electricität ähnlich wie eine geladene Leydner Flasche zu entladen. Daß die Zuckungen mit einem Bogen aus zwei verschiedenen Metallen viel stärker wurden, als mit einem Bogen aus einem Metalle, vermochte den Galvani nicht umzustimmen.

§. 367. Volta legte nun aber gerade hierauf Gewicht, daß die Zuckungen so kräftig bei Anwendung zweier verschiedenen Metalle hervortraten, und wies nach, daß überall, wo Galvani mit einem Bogen aus einem scheinbar gleichartigen Metalle Zuckungen erregt hatte, doch stets mehrere Körper vorhanden waren, durch deren Verschiedenheit die Zuckungen erregt werden konnten. Es brauchten diese verschiedenen Körper keinesweges Metalle zu sein. So

brachte z. B. ein Bogen aus reinem Silber in einem präparirten Frosche keine Zuckungen hervor; diese erschienen aber sogleich, als vor der Anlegung des Bogens an den Frosch das eine Ende in eine reife Beere und das andere in eine minder reife Beere der Corneliuskirsche gesteckt wurde. Die Verschiedenheit dieser beiden Säfte war hinreichend, die Zuckungen zu erzeugen. — Auch ganz ohne Metall lassen sich in einem Frosche Zuckungen erzeugen, indem man z. B. den vordern Theil des präparirten Frosches mit Schwefelsäure in Berührung bringt, und mittelst eines Stängelchens Aetzkali den hintern Theil des Frosches mit dieser Schwefelsäure in Verbindung setzt. Bei jedem Eintauchen des Kalis in die Schwefelsäure zuckt der Frosch.

Volta sah daher bei allen diesen Erscheinungen die Berührung zweier ungleichartigen Leiter als die Quelle an, welche die Electricität erzeugte, so daß für ihn der von Galvani angewandte, aus zwei Metallen bestehende Bogen nicht ein bloßer Entlader, sondern der eigentliche Erreger der Electricität, welche den Frosch zu Zuckungen reizte, war, während der Frosch selbst nur ein sehr empfindliches Electrometer darstellte. Volta suchte nun diese Electricität, welche durch Berührung zweier Leiter, also z. B. zweier Metalle entsteht, auch mit Hülfe der gewöhnlichen Electrometer nachzuweisen, und es gelang ihm sehr gut mit Hülfe des §. 359 beschriebenen Condensators. Man vereinige z. B., um diesen Versuch zu wiederholen, auf irgend eine Weise (durch Löthen oder Schrauben) einen Streifen Kupfer und einen Streifen Zink (oder irgend zwei andere Metalle), so daß sie sich metallisch berühren. Nimmt man dann das Zink zwischen die mit reinem Wasser etwas befeuchteten Finger, und berührt mit dem Kupfer die eine Condensatorplatte, während man die andere mit dem Erdboden leitend verbindet, so häuft sich in der ersten Platte so starke negative Electricität an, daß sie durch die Bewegungen der Strohhälmchen oder der Goldblättchen im Electrometer sichtbar wird. (Ist die Platte des Condensators von Kupfer, so kann man sie gleich mit dem Kupfer berühren; ist dieß nicht der Fall, ist sie z. B. aus Messing, so legt man ein wenig mit reinem Wasser befeuchtetes Druckpapier auf die Condensatorplatte, und berührt dieses feuchte Druckpapier mit der Kupferplatte. Ein Gleiches gilt auch von den Versuchen, wo der Condensator mit Zink oder anderen Metallen berührt werden soll; stets wird ein Stückchen feuchtes Papier eingeschaltet, wenn die Condensatorplatte aus einem andern Metall, als dem sie berührenden verfertigt ist.) Nimmt man umgekehrt die Kupferplatte in die Hand, so erhält die Condensatorplatte durch Berührung mit dem Zink positive Electricität.

§. 368. Prüft man nun die sämmtlichen Metalle durch, so ergibt sich, daß sich alle Metalle in folgende Reihe ordnen lassen, in welcher jedes vorhergehende mit jedem nachfolgenden positiv, und jedes nachfolgende also negativ ist. + Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle —. Zugleich folgt auch aus genau angestellten Versuchen, daß die electrische Spannung (oder Differenz), welche zwischen den beiden einander berührenden Metallen erregt wird, um so bedeutender ist, je weiter die beiden Metalle in der so eben angegebenen Reihe von einander entfernt sind, und daß die Spannung zweier solchen von einander entfernten Metalle gleich ist der Summe der Spannungen aller dazwischen liegenden. Es ist also die electrische Spannung, welche durch die Berührung zwischen Eisen und Silber entsteht, genau so groß, wie die Summe der Spannungen zwischen Eisen und Kupfer, und Kupfer und Silber; es ist die Spannung

zwischen Zink und Platin so groß, wie die zwischen Zink und Kupfer, und Kupfer und Platin u. s. f.

Daraus folgt aber auch, daß, wenn man verschiedene Metalle auf einander legt, die electrische Spannung zwischen den beiden Endplatten genau so groß ist, als wenn die beiden Endplatten selbst unmittelbar auf einander liegen; daß also gar keine Spannung in den beiden Endplatten vorhanden ist, wenn dieselben aus einerlei Substanz bestehen, was für verschiedene Metalle auch zwischen ihnen eingeschaltet sein mögen. Legt man z. B. eine Kupfer-, Zink- und Platinplatte in der eben angegebenen Ordnung auf einander, so ist die Spannung zwischen den beiden Endplatten genau so groß, als wenn sich nur Kupfer und Platin berührten. Gesetzt, es sey die Spannung zwischen Zink und Kupfer = 5, zwischen Kupfer und Platin = 4, und also zwischen Zink und Platin = 9. Durch die Berührung zwischen Zink und Platin erhält das Platin eine negative Electricität = — 9, und das Zink und das unter dem Zink liegende Kupfer eine positive Electricität = + 9. Durch die Berührung zwischen Zink und Kupfer erhält aber das Kupfer die negative Electricität = — 5, und das Zink sammt dem aufliegenden Platin die positive Electricität = + 5. Das Platin erhält also nur eine Electricitätsmenge, welche entspricht der Spannung — 9 + 5 = — 4, und das Kupfer erhält + 9 — 5 = + 4. Es hat also das Kupfer und Platin genau dieselbe Spannung (+ 4 und — 4), als wenn sich beide unmittelbar berührten. Legt man also z. B. eine Reihe Kupfer- und Zinkplatten abwechselnd, Kupfer, Zink, Kupfer, Zink u. s. w. auf einander, so daß Zink schließt, während Kupfer anfängt, so ist die Spannung dieser ganzen Säule genau so groß, wie die zwischen zwei Platten, weil die electrische Spannung der Berührung zwischen Zink und Kupfer durch die nächstfolgende zwischen Kupfer und Zink (also in umgekehrter Richtung) bis auf eine wieder aufgehoben wird.

§. 369. Ganz anders verhält es sich aber, wenn man, wie **Volta** zuerst that, zwischen jedes Paar von Kupfer und Zink einen feuchten Leiter, also Papier oder Tuch, oder Filz, der mit Wasser oder Säuren, oder Salzlösung getränkt ist, einschaltet, wie Fig. 211, wo Z Z die Zinkplatten, K K die Kupferplatten, und F F die zwischenliegenden feuchten Leiter darstellt (**Volta**'sche Säule). Dann verstärken sich die Spannungen der einzelnen auf einander gelegten Paare, so daß die Spannungen der beiden Endplatten in demselben Verhältnisse wachsen, in welchem die Paare zunehmen. Dieser Versuch beweist aber zugleich, daß die flüssigen Leiter (Wasser, Säuren, Alkalien, Salzlösungen) nicht in die obige Reihe der Metalle aufgenommen werden können; sonst wäre die eben angegebene Verstärkung unmöglich.

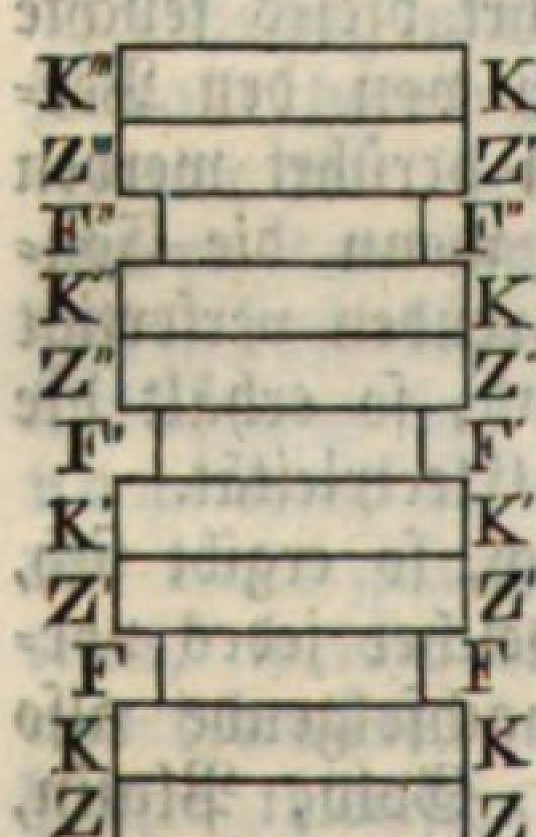


Fig. 211.

Es sei die unterste Zinkplatte Z mit der Erde in leitender Verbindung, und auf ihr liege die Kupferplatte K, so entsteht zwischen beiden eine electrische Spannung, deren Größe mit a bezeichnet werden mag. Z hat also die Electricität 0, K aber = — a. Legt man auf K den feuchten Leiter F, und vernachlässigt der Einfachheit wegen dessen Einfluß, so wird dieser ebenfalls eine Electricität von der Spannung — a von dem Kupfer erhalten; dieselbe Spannung wird nun aber auch noch des Zink Z′, und ebenso alle übrigen Leiter erhalten, welche noch weiter nach oben aufgelegt werden. Die Platte K′ erhält also in Folge der Mittheilung von unten her die electrische Spannung — a;

durch ihre Berührung mit Z' erzeugt sich aber noch ein neues — a in ihr; sie zeigt also die Spannung — 2 a. Diese theilt sich allen oberhalb K' befindlichen Leitern mit. Fährt man so fort, den Zustand der einzelnen Platten zu betrachten, so findet man in K'' die Spannung — 3 a, in K''' die Spannung — 4 a. Alle positive Electricität wird unten abgeleitet. — Construirt man diese Säule in umgekehrter Ordnung, so daß das Kupfer mit der Erde in leitender Verbindung ist, so wird alle negative Electricität abgeleitet, und die electrische Spannung steigt in dem obersten Zink bis zu + 4 a. Diese Zunahme in der electrischen Spannung läßt sich mittelst des Electrometers wirklich nachweisen.

Isolirt man auch das untere Ende der Säule, so zeigt ihr mit Kupfer schließendes Ende negative, und ihr mit Zink schließendes Ende positive Electricität; man nennt jenes den negativen, dieses den positiven Pol der Säule. Die Mitte einer solchen isolirten Säule ist unelectrisch, von hier aus aber nach den Enden hin nimmt die electrische Spannung zu. Eine solche Säule gleicht genau einer Zusammensetzung aus beiden vorher beschriebenen Säulen, deren eine oben mit Kupfer und die zweite oben mit Zink endete. Denkt man sich nämlich solche zwei Säulen mit den untern (wegen der Verbindung mit der Erde) nicht electrischen Enden zusammengelegt, so bieten sie gerade dieselbe Vertheilung der Electricität dar, wie die isolirte Säule.

Während der Condensator unentbehrlich ist, wenn es sich um die Nachweisung der Electricität eines einzigen Paares handelt, so ist die freie Electricität an den Polen einer vielplattigen Volta'schen Säule so groß, daß man dieselbe durch die gebräuchlichen Electrometer allein nachweisen kann; z. B. die beiden Blättchen des Goldblattelectrometers divergiren sehr bedeutend (je nach der Anzahl der Plattenpaare).

§. 370. Es ist eben gezeigt, daß die Spannung der Pole einer Säule zunimmt mit der Anzahl der Plattenpaare. Zamboni hat nun ohne viele Kosten und Mühe sehr bequeme Säulen aus mehr als tausend Plattenpaaren in einem kleinen Raume hergestellt, die in Beziehung auf die freie Electricität ihrer Enden allen Anforderungen Genüge leisten. Eine sehr vortheilhafte Anwendung fanden dieselben schon früher bei dem einen Electrometer (§. 355). Diese Zambonischen (sogenannten trockenen) Säulen verfertigt man sich am leichtesten, wenn man zwei Bogen von (unechtem) Gold- und Silberpapiere mit der Papierseite so auf einander leimen läßt, daß ein solcher zusammengeleimter Bogen auf der einen Seite als Gold-, und auf der andern als Silberpapier erscheint. Man schlägt dann aus diesem Bogen mittelst eines scharfen, runden (Loch-) Eisens runde Scheiben von einerlei Größe aus, schichtet dieselben zu einer Säule so auf einander, daß stets eine (Zink- oder) Silberseite auf eine (Kupfer- oder) Goldseite zu liegen kommt, und schnürt sie mit seidenen Schnüren zusammen. Der Bequemlichkeit wegen kann man diese Säule auch in eine Glasröhre bringen. Zum Schluß legt man auf die obere Seite, an welcher Kupferpapier sichtbar ist, noch eine Zinkscheibe, und auf die entgegengesetzte eine Kupferscheibe.

Man hat solche trockene Säulen construirt, die hinlänglich stark waren, um ein sehr leichtes Pendel anzuziehen; stellt man zwei solche Säulen mit ihren entgegengesetzten Polen neben einander, so daß das isolirte Pendel zwischen ihnen hängt, so wird das Pendel von der einen Säule angezogen, nach Mittheilung ihrer Electricität wieder zurückgestoßen, und dabei noch um so stärker von der gegenüberstehenden angezogen, um nach ihrer Berührung auch wieder abgestoßen zu werden u. s. f. Das Pendel wird sich ununterbrochen hin und her bewegen, so lange die Säulen ihre Kraft behalten;

sie verlieren dieselbe aber durch Austrocknen des Papiers. Das oben §. 355 beschriebene Electrometer stellt den eben angeführten Versuch sehr leicht dar, wenn man die beiden Messingscheiben E, F dem Goldblättchen etwas zu nahe stellt; das Goldblättchen bewegt sich dann, wie das eben beschriebene Pendel, von einer Seite zur andern.

§. 371. Diese durch die Berührung verschiedener Körper entstehende Electricität läßt sich nicht erschöpfen (wie z. B. eine Leydener Flasche); so oft man auch die Endpunkte oder Pole einer Voltaischen Säule ableitend berührt, im nächsten Augenblicke zeigen dieselben fast stets ihre Stärke ungeändert wieder. Verbindet man den einen Endpunkt (oder Pol) der Säule durch einen Leiter mit dem entgegengesetzten, so wird die Electricität in diesem Leiter oder Schließungsdrahte in einem ununterbrochenen Flusse oder Strome von einem Pole zum andern übergehen. Es werden also in dem Schließungsdrahte nach der beibehaltenen Theorie von zwei Electricitäten auch zwei electrische Ströme fließen, der eine, indem die positive Electricität vom positiven (mit Zink endenden) Pole zum negativen (mit Kupfer endenden) Pole, und der andere gerade entgegengesetzt, indem die negative Electricität vom Kupferpole zum Zinkpole übergeht. Um Weitläufigkeiten zu vermeiden, wird in dem Folgenden stets nur die Bewegungsrichtung des positiven Stromes angeführt werden; der negative nimmt dann gerade den entgegengesetzten Lauf.

Will man den electrischen Strom nicht durch eine Säule, sondern durch ein einziges Plattenpaar, z. B. von Zink und Kupfer erzeugen, so legt man zwischen die Zink- und Kupferplatte ein mit gesäuertem Wasser befeuchtetes Papier, und verbindet die äußeren Seiten der beiden Platten durch einen (beliebigen) Metalldraht. Noch besser stellt diese einfache galvanische Kette (wie man eine solche Vorrichtung aus einem einzigen Plattenpaare nennt) dar, indem man die Kupfer- und Zinkplatte K und Z in das (mit Säure oder Salz vermischte) Wasser des Gefäßes A B, Fig. 212, eintaucht, und die hervorstehenden Enden durch den Metalldraht L M N verbindet.

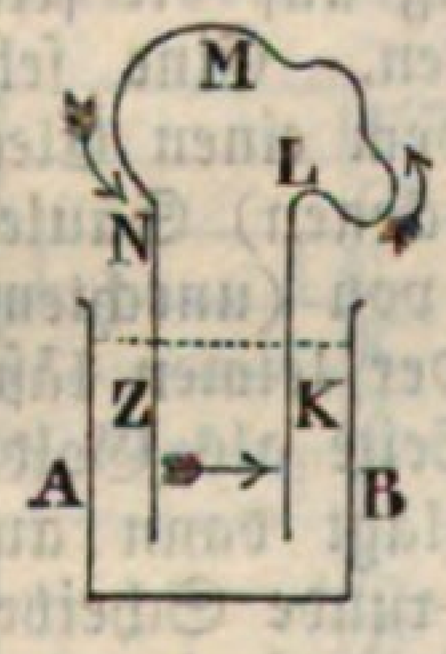


Fig. 212.

Es wurde früher gesagt, daß die electrische Spannung zwischen zwei Metallplatten ganz dieselbe bleibe, welches dritte Metall auch zwischen sie eingeschoben werde. Durch die Einschiebung des metallischen Drahtes L M N zwischen die Platte K und Z wird folglich die Spannung dieser letztern nicht geändert; es wird also das Zink ebenso positiv und das Kupfer ebenso negativ werden, als wenn sich die beiden Platten Z und K oberhalb der Flüssigkeit unmittelbar berührten. Die positive Electricität des Zinks begibt sich nun durch die Flüssigkeit zum Kupfer, und die negative vom Kupfer durch die Flüssigkeit zum Zink. Verfolgt man der Einfachheit wegen nur die Bewegung der einen, der positiven Electricität, so zeigt diese die durch die Pfeile angedeutete Richtung, d. h. der vom Kupfer sich erhebende Draht L M führt positive Electricität aus dem Kupfer, und der vom Zink sich erhebende Draht N M negative aus dem Zink heraus. Will man ohne Irrthum die Richtung eines electrischen Stromes bestimmen, so halte man sich stets an den Lauf desselben in der Flüssigkeit, und setze diesen dann in den zugehörigen Drähten fort; in der Flüssigkeit geht der electrische Strom (der positive) stets von dem Zink zum Kupfer, oder bei anderen Metallen, die in Säuren eingetaucht werden, vom Zink zum Platin, vom Zink zur Kohle u. s. w., alle Mal

von dem in der Reihe §. 368 angegebenen positiven zu dem mit ihm in dieselbe Flüssigkeit eintauchenden negativen Metalle.

§. 372. Die Formen, welche man dieser einfachen Kette aus Zink und Kupfer gegeben hat, sind sehr verschieden; man biegt z. B. die Kupferplatte in die Form a b c, und befestigt dieselbe so an einem Holzstück g h, Fig. 213, daß sie die Zinkplatte d e auf beiden Seiten nahe umgibt. Oder man verfertigt aus Kupfer ein cylindrisches Gefäß A B, Fig. 214, das innen durch einen andern Cylinder C D geschlossen ist, gießt in den ringförmigen Raum A C D B verdünnte Säure, und taucht in diese den unten und oben offenen Zinkcylinder Z Z ein. Das Kupfer und Zink verbindet man, um die Kette zu schließen, mit einem Drahte.



Fig. 213.

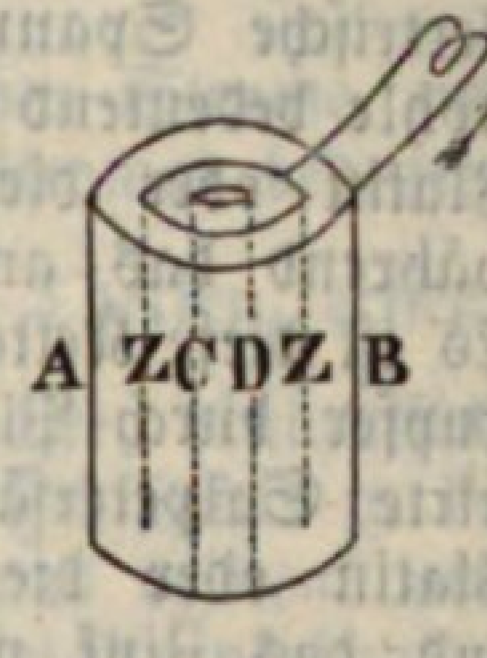


Fig. 214.

Diese einfachen Ketten, welche aus zwei verschiedenen in verdünnte Schwefelsäure, Salpetersäure, oder Salzlösungen eingetauchten Metallen bestehen, verlieren aber sehr rasch einen Theil ihrer Stärke, weil die Säure sich immer mehr mit Zink sättigt, und das Kupfer oder Platin sich mit Wasserstoffblasen bedeckt, wodurch der Strom geschwächt wird. Sehr verbessern kann man diese Ketten nun schon dadurch, daß man das Zink amalgamirt (mit etwas Quecksilber unter Anwendung von verdünnter Schwefelsäure einreibt), so daß seine ganze Oberfläche mit diesem Amalgam bedeckt ist. Ein solches Zink wird in verdünnter Schwefelsäure nicht chemisch angegriffen und aufgelöst; man kann also die Kette zusammensetzen (das amalgamirte Zink und Kupfer in die verdünnte Schwefelsäure stellen), ohne daß sich Wasserstoff am Zink unter Aufbrausen entwickelt; nur erst, wenn die Kette geschlossen wird, löst sich das Zink in der Säure auf.

Um aber auch den zweiten Nachtheil, die Schwächung der Kette durch die Wasserstoffentwicklung, an der negativen Platte zu beseitigen, wendet man nicht eine einzige Flüssigkeit an, sondern zwei. Diese Ketten liefern dann einen längere Zeit hindurch constanten Strom. Eine solche constant wirkende Kette erhält man aus Kupfer, amalgamirtem Zink, einer gesättigten Lösung von Kupfervitriol und verdünnter Schwefelsäure. Man stellt einen Kupfercylinder K K in ein Glasgefäß G G, Fig. 215, welches eine gesättigte Auflösung von Kupfervitriol enthält, und innerhalb dieses Kupfercylinders K K einen unten verschlossenen porösen Thoncylinder T T (gebrannten Pfeifenthon) von möglichst dünnen Wänden. Den Thoncylinder füllt man mit verdünnter Schwefelsäure und stellt in letztern den amalgirten massiven oder hohlen Zinkcylinder Z Z. Das poröse Thongefäß T T kann auch durch eine ausgespannte thierische Blase ersetzt werden; der poröse Thoncylinder und die Blase sollen eine Vermischung der Kupfervitriollösung und der Schwefelsäure verhindern, ohne jedoch den Durchgang des electrischen Stromes aufzuhalten. Der Kupfervitriol wird während der Schließung der Kette zersetzt, indem sich aus ihm metallisches Kupfer ausscheidet und auf dem Kupfercylinder absetzt, der hiedurch stets eine metallisch blanke Oberfläche darbietet. Erneuert man nun die durch Auflösen des Zinks sich sättigende Schwefelsäure, und hält man die Kupfervitriollösung durch

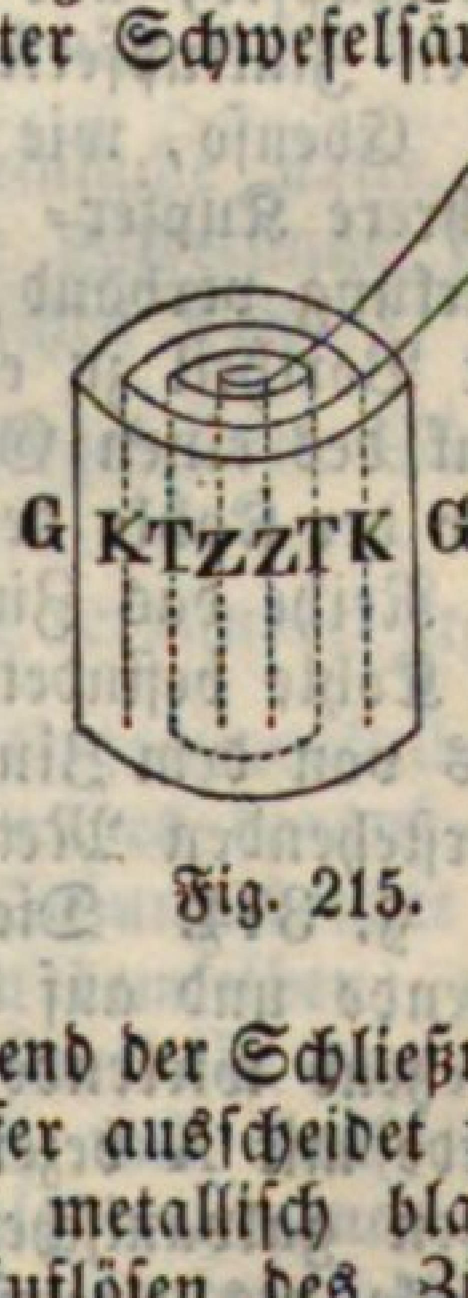


Fig. 215.

Berührung mit noch ungelösten Stücken Kupfervitriol stets gesättigt, so bleibt der electrische Strom der Kette längere Zeit hindurch constant, weil dieselbe immer in demselben Zustande verbleibt.

§. 373. Eine noch kräftigere constante Kette erhält man durch Anwendung von amalgamirtem Zink und Platin oder Kohle, weil die electrische Spannung zwischen Zink und Platin oder zwischen Zink und Kohle bedeutend höher ist, als zwischen Zink und Kupfer (§. 368). Das Platin oder die Kohle wird aber in concentrirte Salpetersäure gestellt, während das amalgamirte Zink wieder in verdünnte Schwefelsäure taucht. Es ist diese Kette also ganz der vorhin beschriebenen ähnlich, nur daß das Kupfer durch Platin oder Kohle und die Kupfervitriollösung durch concentrirte Salpetersäure ersetzt ist; es ist übrigens gleichgültig, ob sich das Platin oder die Kohle mit der Salpetersäure in dem größern Gefäße, und das Zink mit der Schwefelsäure in dem Innern des porösen Thoncylinders befindet, oder umgekehrt. Die Salpetersäure verhindert an dem Platin und der Kohle die Entbindung von Wasserstoff, der sich mit dem Sauerstoff der Salpetersäure vereinigt, und letztere in salpetrige Säure verwandelt; deßhalb bleibt die Wirkung der Kette ungeschwächt. Ihre Wirkung wird aber auch durch die Anwendung der beiden verschiedenen Säuren noch erhöht. Die zu diesen Ketten angewandten Kohlencylinder hat Bunsen zuerst dargestellt durch Glühen eines Gemenges von gepulverten Coaks (geglühten Steinkohlen) mit gepulverten Steinkohlen; durch Hinzufügung der Steinkohle soll die Masse zusammenbacken. Das Glühen geschieht in Formen von Eisenblech. Die angegebenen Platinketten hat Grove zuerst construirt.

Auch mit einem Metall und zwei verschiedenen Flüssigkeiten hat Becquerel eine constante Kette construirt; er nahm eine Glasröhre, verschloß sie unten mit Thon, welcher mit Aetzkali (oder Natron) befeuchtet war, füllte die Röhre mit Kali, setzte sie in ein etwas weiteres Gefäß, das concentrirte Salpetersäure enthielt, und tauchte eine Platinplatte in das Kali und eine zweite völlig gleiche in die Säure. Wurden beide Platinplatten durch einen Draht verbunden, so entstand ein electrischer Strom, der nur sehr langsam in seiner Stärke abnahm; das Platin in der Salpetersäure verhielt sich wie Kupfer, und das Platin in der Kalilauge wie Zink in einer gewöhnlichen Zinkkupferkette.

Ebenso, wie man in der früher §. 369 beschriebenen Voltaischen Säule mehrere Kupfer- und Zinkplatten mit feuchten Leitern zu einer verstärkten Wirkung verband, lassen sich auch die eben angeführten constanten Ketten mit Vortheil zu einer säulenartigen Anordnung verbinden, indem man das Zink des einen Gefäßes (oder einer Zelle) mit dem Kupfer oder dem Platin oder der Kohle des nächstfolgenden verbindet, so daß sich an dem einen Ende der Reihe das Zink und an dem andern das Kupfer oder das Platin oder die Kohle befindet; der Strom geht beim Schließen der beiden Endglieder stets von dem Zink durch die Flüssigkeit zu dem in demselben Gefäße gegenüberstehenden Metalle.

§. 374. Die von der Berührungsstelle zweier verschiedenen Körper ausgehende und auf die in den Metallen vorhandenen electrischen Flüssigkeiten zersetzend wirkende Kraft heißt die electromotorische Kraft; ihre Größe werde mit A bezeichnet. Wenn nun zwei verschiedene Metalle zu einer einfachen galvanischen Kette verbunden werden, so wird die Intensität oder Stärke des electrischen Stromes, welcher in der durch einen bestimmten Schließungsdraht geschlossenen Kette vorhanden ist, erstens proportional sein

mit der Größe dieser electromotorischen Kraft (mit ihr steigen und abnehmen). Aber zweitens wird die Intensität des Stromes auch abhängig sein von dem Widerstande, welchen die Kette der Bewegung des electrischen Stromes entgegensetzt, und zwar wird sie mit diesem Widerstande im umgekehrten Verhältnisse stehen, d. h. wachsen, wenn der Widerstand abnimmt, und abnehmen, wenn der Widerstand wächst.

Es sei der Widerstand, den eine Kette dem electrischen Strome entgegensetzt = W, so ist also, wenn J die Intensität des Stromes bedeutet, $J = \frac{A}{W}$. Der Widerstand W besteht nun aus verschiedenen Theilen, erstens aus dem Widerstande in der Flüssigkeit, in welche die Platten eintauchen, zweitens aus dem Widerstande beim Uebergange aus der Flüssigkeit in die Metalle und umgekehrt (wenn ein solcher vorhanden ist), und drittens aus dem Widerstande des Drahtes, mit welchem die beiden Metalle verbunden worden sind. Setzt man zu diesem letzten Schließungsdrahte noch einen neuen Draht, der den Widerstand a besitzt, hinzu, so wird die Intensität des Stromes J′ geringer werden, $J' = \frac{A}{W + a}$.

Nimmt man nicht eine einzige Kette, sondern n Ketten, deren jede die electromotorische Kraft A und den Widerstand W hat, und verbindet sie zu einer Säule mit einander, so ist die Intensität des Stromes in dieser Säule $Y = \frac{nA}{nW} = \frac{A}{W} = J$; es wirkt also diese Säule genau eben so viel als die einfache Kette. Wenn aber in den Schließungsdraht dieser Säule ein Körper, der den Widerstand a hat, eingeschaltet wird, so wird die Intensität des Stromes werden $Y' = \frac{nA}{nW + a}$.

Gesetzt es sei A = 150; W = 290 und a = 10, so ist die Intensität des Stromes bei Anwendung einer einfachen Kette $J' = \frac{150}{290 + 10} = \frac{150}{300} = 0{,}5$; und bei Anwendung einer Säule von 20 Paaren oder Ketten $Y' = \frac{20 . 150}{20 . 290 + 10} = 0{,}52$. Die Säule liefert also unter diesen Umständen einen nur wenig stärkern Strom, als die einfache Kette. — Gesetzt aber, es sei a = 3000, also der eingeschaltete Widerstand sehr bedeutend, so ist die Intensität des Stromes in der einfachen Kette $J' = \frac{150}{290 + 3000} = 0{,}046$, also sehr gering; in der vorhergehenden Säule dagegen $Y' = \frac{20 . 150}{20 . 290 + 3000} = 0{,}34$, also nur wenig vermindert gegen vorhin. Man sieht aus diesem Beispiele, wie man die Zusammenstellung einer Säule nur dann vortheilhaft anwenden kann, wenn es darauf ankommt, einen sehr bedeutenden Widerstand in dem Schließungsdrahte zu überwinden. Hat man nur einen kleinen Widerstand in demselben, und man will z. B. 20 Paare anwenden, so ist es vortheilhafter, alle von den Kupferplatten ausgehenden Drähte zu einem zu verbinden, und ebenso alle von dem Zink ausgehenden; es ist dieß dann dasselbe, als wenn man ein einziges Plattenpaar von zwanzigfach größerer Oberfläche anwendete; in diesem

wäre aber der Widerstand nur $\frac{1}{20}$ so groß als in einer einzigen Kette, also in obigem Beispiele nur $\frac{290}{20} = 14{,}5$. Wird jetzt wieder der Widerstand $a = 10$ eingeschaltet, so ist die Intensität des Stromes $J' = \frac{150}{14{,}5 + 10} = 6{,}1$, also zwölfmal größer als vorhin. Ist also der Widerstand im Schließungsdraht gering, so wendet man eine Kette von möglichst großer Oberfläche an, ist derselbe aber sehr groß, so wendet man eine Säule aus vielen Paaren an. Die Mathematik lehrt für jeden Fall die günstigste Anordnung berechnen.

§. 375. Das vorstehende Ohm'sche Gesetz dient aber zu gleicher Zeit auch zur Bestimmung des Widerstandes, der in einer Kette vorhanden ist, und zur Bestimmung der Größe der electromotorischen Kraft. Bedeutet nämlich wieder A die electromotorische Kraft einer constanten Kette und J die Intensität des Stromes, welche bei einem Widerstande der Kette = W vorhanden ist, so ist $J = \frac{A}{W}$. Schaltet man nun in diese Kette einen andern Körper, z. B. einen Kupferdraht von bekanntem Widerstande = a ein, so wird die Intensität der Kette J' werden, so daß $J' = \frac{A}{W + a}$. Aus beiden Gleichungen erhält man $J\,W = A$ und $J'\,W + J'\,a = A$, folglich $J\,W = J'\,W + J'\,a$, und $W = \frac{J'\,a}{J - J'}$. Da a bekannt war, und J und J' gemessen wurden, so läßt sich W berechnen. Ist W gefunden, so liefert irgend eine der beiden vorstehenden Gleichungen auch die Größe der electromotorischen Kraft $A = J\,W$ oder $A = J'\,W + J'\,a$.

Handelt es sich nun ferner darum, den Widerstand eines andern Körpers, z. B. eines Silberdrahtes, zu bestimmen, so kann dieß auf folgende Arten geschehen. Man bestimmt zunächst den Widerstand einer constanten Kette auf dem so eben angegebenen Wege, und schaltet dann anstatt des Kupferdrahtes von bekanntem Widerstande a den Silberdraht von unbekanntem Widerstande x ein. Die bei dieser Einschaltung vorhandene Intensität des Stromes sei $J'' = \frac{A}{W + x}$. Aus dieser Gleichung und der ersten $J = \frac{A}{W}$, erhält man jetzt, wo W schon gefunden ist, x. Es ist nämlich wieder $J''\,W + J''\,x = A$, und $J\,W = A$, also $J''\,W + J''\,x = J\,W$ und $x = \frac{(J - J'')\,W}{J''}$. Bei dieser Bestimmung ist aber vorausgesetzt, daß während der drei nach einander vorzunehmenden Messungen der Intensitäten J, J' und J'' sich der Widerstand W und die electromotorische Kraft der Kette A nicht ändert.

Bequemer ist daher ein anderer Weg, bei welchem man von dieser Bedingung unabhängig ist; man könnte ihn die Abgleichungsmethode nennen. Man theilt nämlich einen electrischen Strom in zwei Zweige und leitet den einen derselben durch den Körper, dessen Widerstand bestimmt werden soll, den zweiten dagegen durch einen Körper von genau bekanntem Widerstande. Der electrische Strom vertheilt sich nun, wie sich aus dem Ohm'schen Gesetze herleiten läßt, bei mehreren gegebenen Wegen stets im

umgekehrten Verhältnisse der Widerstände, welche die einzelnen Wege darbieten; derjenige Weg, dessen Widerstand der größere ist, erhält den schwächeren Strom; sind die Widerstände in den Wegen aber gleich, so müssen auch die Ströme gleich sein. Der letztere Satz gilt natürlich auch umgekehrt. Aendert man also in dem angegebenen Versuche den bekannten Widerstand des einen Weges so lange ab, bis beide Zweigströme genau gleich stark sind, so muß der (unbekannte) Widerstand des einen Körpers ebenfalls genau gleich sein dem (bekannten) Widerstande des andern. Hiebei ist es gleichgültig, ob die angewandte Kette constant ist oder nicht.

§. 376. Auf den angeführten Wegen hat sich nun ergeben, daß die verschiedenen Körper dem Durchgange des electrischen Stromes einen sehr verschiedenen Widerstand entgegensetzen. Am geringsten ist derselbe in den Metallen, bedeutend größer dagegen in den Flüssigkeiten, und besonders in reinem Wasser. Stets wächst der Widerstand eines Körpers aber gerade wie seine Länge und umgekehrt wie sein Querschnitt; ist der Querschnitt eines Körpers ein Kreis, so kann man auch sagen, daß sein Widerstand wächst umgekehrt wie das Quadrat seines Durchmessers. Hat also z. B. ein Draht eine Länge von 350 Linien und einen Durchmesser von 0,1 Linie, ein zweiter aber, aus demselben Metall verfertigter, eine Länge von 800 Linien und einen Durchmesser von 0,2 Linien, so verhalten sich die Leitungswiderstände beider Drähte wie $\frac{350}{(0,1)^2} : \frac{800}{(0,2)^2} = \frac{350}{0,01} : \frac{800}{0,04} = 3500 : 2000 = 7 : 4.$

Um die Leitungswiderstände verschiedener Körper in Zahlen angeben zu können, setzt man den Leitungswiderstand eines Körpers von bestimmter Länge und Dicke = 1 oder = 100, und drückt die Leitungswiderstände aller andern Körper in dieser willkürlich angenommenen Einheit aus. Gewöhnlich setzt man den Leitungswiderstand eines Kupferdrahtes (z. B. von 1 Fuß Länge) = 1; den Widerstand 2 erhält man dann durch 2 Fuß desselben Drahtes u. s. f.

Die Leitungswiderstände der Metalle vergrößern sich durch die Erhöhung der Temperatur, während umgekehrt die Leitungswiderstände der Flüssigkeiten sich durch die Erhöhung der Temperatur in sehr bedeutendem Maaße verringern; und zwar ist nach meinen Versuchen diese Verringerung viel größer als die Zunahme, welche der Leitungswiderstand der Metalle für gleiche Temperaturerhöhung erleidet.

Setzt man den Leitungswiderstand eines Kupferdrahtes bei 0° = 1, so ist nach Lenz der Leitungswiderstand anderer Drähte von gleicher Länge und gleicher Dicke bei den Temperaturen 0°, 125° und 250° in folgender Tabelle enthalten.

Metalle.	Leitungswiderstand bei 0°	125°	250°	Leitungsfähigkeit bei 0°
Silber	0,73	1,06	1,45	1,362
Kupfer	1,00	1,37	1,82	1,000
Gold	1,26	1,53	1,83	0,798
Zinn	3,24	4,89	6,76	0,308
Messing	3,41	4,03	4,66	0,293
Eisen	5,63	9,20	14,3	0,177
Blei	6,84	10,4	14,8	0,146
Platin	7,06	9,16	11,1	0,141

In der letzten Columne stehen die Werthe für die Leitungsfähigkeiten der Metalle; es sind dieß die umgekehrten Werthe der Leitungswiderstände; es ist z. B. $\frac{1}{1,362} = 0,73$. Diese Zahlen für die Leitungsfähigkeiten stimmen ziemlich überein mit den früheren, §. 364, welche die Drahtlänge angeben, in welchen eine und dieselbe electrische Entladung gleiche Wärme erregte; nur war dort der Werth für Kupfer = 100 gesetzt.

Den Leitungswiderstand von Lösungen aus Kupfer- oder Zinksalzen erhielt ich in einem willkührlich angenommenen, also mit den vorstehenden Zahlen nicht vergleichbaren Maaße:

Für eine concentrirte Lösung A von Kupfervitriol von sp. G. 1,17 bei 0° = 11,26; bei 14°,9 = 7,33; bei 38°,8 = 4,7; bei 83° = 3,12; für eine Mischung aus 216 Th. vorstehender Lösung A und 123 Th. Wasser bei 0° = 14,86; für eine Mischung aus 109 Th. der Lösung A mit 185 Th. Wasser bei 0° = 22,87; bei 13°,8 = 15,16; bei 31°,2 = 10,5; bei 84°,2 = 7,1; für eine ziemlich concentrirte Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd bei 0° = 4,89; bei 14°,4 = 3,27; bei 31°,2 = 2,18; bei 84° = 1,64. Für eine concentrirte Lösung von Kupferchlorid (etwas chlorürhaltig) von sp. G. 1,2 bei 0° = 4,47; bei 12°,5 = 2,86. Für eine bei 15° gesättigte Lösung von Zinkvitriol bei 0° = 13,05; bei 12°,2 = 8,62; bei 34°,2 = 4,55; bei 84°,2 = 2,29; für eine etwas weniger concentrirte Lösung von Zinkvitriol B von sp. G. 1,12 bei 0° = 10,33; bei 16°,4 = 6,66; für eine Mischung aus 71,4 Th. der Lösung B und 115,7 Th. Wasser bei 0° = 13,00; bei 13°,9 = 8,82; bei 36° = 5,57; bei 81°,4 = 3,51; für eine Mischung aus 43 Th. der so eben genannten Mischung und 68 Th. Wasser bei 0° = 25,0; bei 16°,5 = 16,30; bei 36°,5 = 11,52; bei 83°,4 = 7,45.

Aus der letzten Tabelle folgt, daß die Verringerung des Leitungswiderstandes durch Erwärmung fast für alle Lösungen gleich groß ist. Zugleich ergibt sich aus ihr, daß eine ganz concentrirte Lösung von Zinkvitriol wahrscheinlich wegen ihrer Dickflüssigkeit schlechter leitet, als eine mäßig concentrirte, und daß bei der ersteren die Abnahme des Leitungswiderstandes um so bedeutender wird, weil mit der Erwärmung sich auch die Dickflüssigkeit der Lösung immer mehr verliert. — Nach den Versuchen von Lenz leitet eine gesättigte Kupfervitriollösung den electrischen Strom 6857500mal schlechter, als ein Kupferdraht von gleicher Länge und Dicke mit der Flüssigkeitssäule.

Auch beim Uebergange eines electrischen Stromes aus den metallischen Leitern in eine Flüssigkeit zeigt sich ein Widerstand (Uebergangswiderstand), der jedoch vielleicht nur in der weiterhin zu erwähnenden Polarisation der in die Flüssigkeit eingetauchten Metallflächen besteht.

§. 377. Leitet man einen electrischen Strom durch Körper, welche sich im flüssigen Zustande befinden, so werden dieselben meistens zersetzt; die festen Körper können in den flüssigen Zustand gebracht werden entweder durch Auflösen in Wasser, oder durch Schmelzen mittelst Erhitzung. Bei solchen Körpern, welche nur aus zwei Bestandtheilen bestehen, geschieht die electrische Zersetzung stets auf die Weise, daß der eine Bestandtheil zum positiven, und der andere zum negativen Pole sich begibt. Am leichtesten überzeugt man sich von dem so eben Angeführten durch folgenden Versuch. Es bedeute A B, Fig. 216, ein gläsernes Gefäß, durch dessen Boden zwei Oeffnungen gebohrt sind, M und N. In jede derselben ist ein

Platindraht eingekittet, H und G, der innerhalb des Gefäßes eine Platinplatte, E F und C D, trägt. Wird nun das Gefäß A B mit Wasser gefüllt, und der Draht G mit dem positiven Pole einer aus mehreren Elementen zusammengesetzten Batterie, der Draht H dagegen mit dem negativen verbunden, so bemerkt man an beiden Platinblechen die Entwickelung von Gasblasen, und zwar entstehen dieselben an dem Bleche E F reichlicher (doppelt so viel) als an dem Bleche C D; schon hieraus wird man schließen, daß das Wasser so in seine Elemente zerlegt wird, daß der Sauerstoff sich an der mit dem positiven Pole in Verbindung stehenden Platinplatte (kurz positiver Pol genannt), und der Wasserstoff an der mit dem negativen Pole in Verbindung stehenden Platinplatte (kurz negativer Pol genannt) ausscheidet. Um sich aber völlige Gewißheit hierüber zu verschaffen, stülpt man über die Platinplatten zwei kleine graduirte Glasröhren, Q und P. In Q erhält man stets (sehr nahe) eine doppelt so große Menge Wasserstoff, als in P Sauerstoff. Daß die beiden aufgefangenen Gasarten wirklich Sauerstoff und Wasserstoff sind, davon kann man sich durch die gewöhnlichen chemischen Verfahrungsarten überzeugen. Die eben beschriebene, zur Wasserzersetzung dienende Vorrichtung heißt Voltameter, und man kann die Quantität der entstandenen Gase als ein Mittel zur Messung starker electrischer Ströme benutzen. Um den Widerstand in dem Wasser zu verringern, setzt man ihm etwas Schwefelsäure zu. Nicholson und Carlisle zersetzten zuerst das Wasser mittelst der Electricität in seine Bestandtheile. Zersetzt man die Verbindungen des Chlors, Jods, Broms u. s. w. mit den Metallen im geschmolzenen Zustande durch die Electricität, so scheidet sich das Chlor, Jod, Brom u. s. w. am positiven Pole, das Metall dagegen am negativen aus. Da gleichnamig electrische Körper sich abstoßen, und ungleichnamig electrische sich anziehen, so müssen der Sauerstoff, das Chlor, Jod, Brom u. s. w., weil sie sich nach der positiven Polplatte hin begeben, electronegativ sein, die Metalle dagegen electropositiv, weil sie zu der negativen Polplatte wandern.

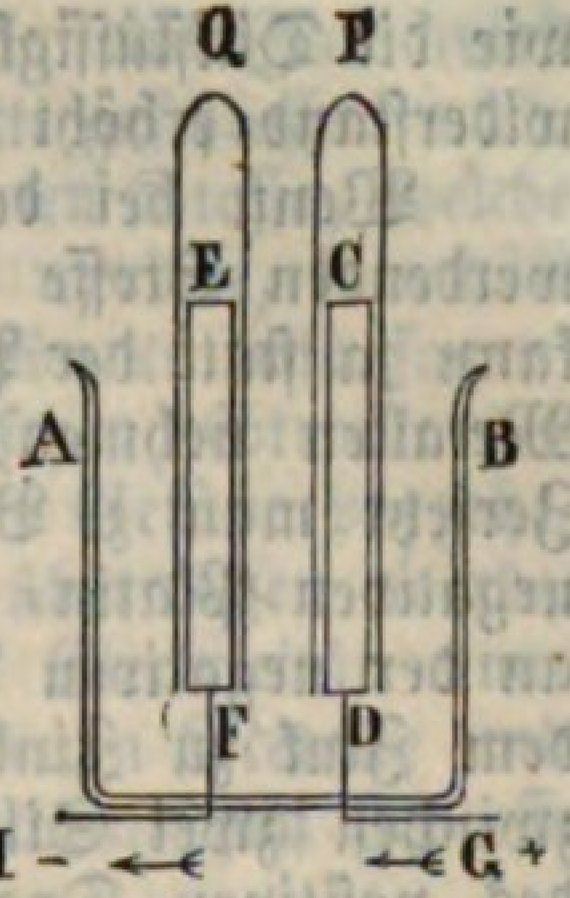


Fig. 216.

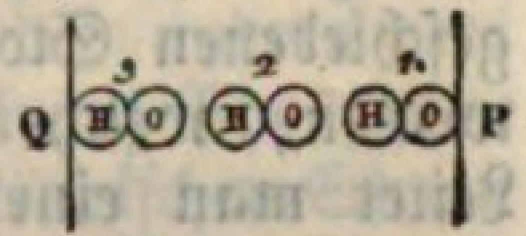


Fig. 217.

§. 378. Man denkt sich die electrische Zerlegung der Körper überhaupt auf folgende Weise. Es bedeute z. B. in Fig. 217 P die positive, und Q die negative Polplatte, und die dazwischen gezeichneten Kreise die kleinsten Theilchen der zu zersetzenden Flüssigkeit, also z. B. des Wassers (zusammengesetzt aus Wasserstoff H und Sauerstoff O). Dann richten sich unter dem Einflusse des electrischen Stromes zunächst die Elemente jedes Wassertheilchens so, daß der Sauerstoff (O) eines jeden Elementes sich nach P, der Wasserstoff (H) dagegen sich nach Q hinwendet; darauf wird der Sauerstoff des ersten Theilchens an der Platte P, und der Wasserstoff des letzten Theilchens an der Platte Q ausgeschieden. Nun tritt der Wasserstoff vom ersten Theilchen mit dem Sauerstoff vom zweiten Theilchen u. s. f. in Verbindung, und alle Sauerstofftheilchen der jetzt vorhandenen Wassertheilchen wenden sich wieder nach P, und alle Wasserstofftheilchen nach Q. Dann wird wieder der Sauerstoff und Wasserstoff an beiden Enden ausgeschieden u. s. f. Es folgen also bei diesem Vorgange unaufhörlich Polarisirungen, Zersetzungen und Zusammensetzungen in abwechselnder Folge auf einander. Es ist nicht unmöglich, daß die Flüssigkeiten den electrischen Strom nur in sofern leiten, als sie zersetzbar sind; dann ließe sich auch recht gut einsehen,

wie die Dickflüssigkeit (also geringe Beweglichkeit der Theilchen) den Leitungswiderstand erhöht und die Wärme denselben verringert.

Wenn bei den eben erwähnten Zersetzungen der eine der beiden frei werdenden Stoffe eine Verbindung mit der Polplatte eingehen kann (man kann ja statt der Platinplatten auch Platten von unedlen, leicht oxydirbaren Metallen nehmen), so wird dadurch der Erfolg der Zersetzung geändert. Zersetzt man z. B. Wasser zwischen zwei Zinkplatten (oder zwischen einer negativen Platin- und positiven Zinkplatte), so wird zwar der Wasserstoff an der negativen Polplatte sich entwickeln, der Sauerstoff dagegen sich mit dem Zink zu Zinkoxyd verbinden. Zersetzt man geschmolzenes Chlorsilber zwischen zwei Silberdrähten, so verbindet sich das Chlor mit dem Silber des positiven Drahtes zu Chlorsilber, während sich Silber am negativen Pole absetzt; während also der negative Poldraht wächst, wird der positive Poldraht immer mehr aufgelöst.

§. 379. Bestimmt man genau die Mengen der an beiden Polen ausgeschiedenen Stoffe, so zeigt sich, daß sie stets in solchen Verhältnissen frei werden, welche genau mit den chemischen Aequivalenten übereinstimmen. Leitet man einen und denselben electrischen Strom zugleich durch mehrere zersetzbare Körper, so werden nicht bloß die Bestandtheile eines jeden einzelnen nach den angegebenen Verhältnissen ausgeschieden, sondern auch die sämmtlichen aus den verschiedenen Körpern ausgeschiedenen Stoffe stehen in demselben Verhältnisse, wie die chemischen Aequivalente. Leitet man also z. B. einen electrischen Strom gleichzeitig durch Wasser und durch in einer Glasröhre geschmolzenes Zinnchlorür, so wird das Wasser und das Zinnchlorür zersetzt; an der einen negativen Polplatte (im Wasser) scheidet sich Wasserstoff, und an dem andern negativen Poldrahte (im Zinnchlorür) scheidet sich metallisches Zinn aus; Faraday erhielt in einer bestimmten Zeit 2,56 Cubikzoll Wasserstoff, und gleichzeitig hatte der in Zinnchlorür eingetaucht gewesene negative Polardraht sein Gewicht um 3,2 Gran (ausgeschiedenes Zinn) vermehrt. Berechnet man das Verhältniß zwischen dem Gewichte des ausgeschiedenen Wasserstoffs und Zinns, so ergibt sich 1:58, was nahe mit dem Verhältnisse der Aequivalente 1 : 58,8 übereinstimmt. Ja in dem Gefäße, in welchem die Electricität erregt wird, findet auch genau dasselbe Verhältniß zwischen den Mengen der ausgeschiedenen Stoffe statt; besteht z. B. in dem eben angeführten Versuche jedes einzelne Element der Kette aus Zink und Kupfer, die in verdünnter Schwefelsäure stehen, so wird in jedem Elemente (Gefäße) das Wasser zersetzt, der Sauerstoff entweicht aber nicht, sondern verbindet sich mit dem Zink zu Zinkoxyd, das von der Schwefelsäure aufgelöst wird. Um nun die zersetzte Wassermenge und den ausgeschiedenen Wasserstoff und Sauerstoff zu berechnen, braucht man nur die Menge Zink zu bestimmen, welche durch den electrischen Strom aufgelöst wurde; mit jedem Aequivalent Zink hat sich nämlich ein Aequivalent Sauerstoff verbunden. Man findet dann, daß in jedem Gefäße genau eine solche Menge Zink aufgelöst wird, wie sie mit Rücksicht auf die chemischen Aequivalente der zwischen den beiden Platinplatten (des Voltameters) ausgeschiedenen Wasserstoff- und Sauerstoffmenge oder auch dem Gewichte des reducirten Zinnes entspricht. Es wird hiebei natürlich vorausgesetzt, daß alles Zink, welches aufgelöst worden ist, nur durch den electrischen Strom und nicht durch die chemische Wirkung der verdünnten Schwefelsäure aufgelöst worden ist. Diese letztere chemische Einwirkung der Schwefelsäure läßt sich aber vermeiden, wenn man das Zink amalgamirt §. 372; man sieht an einem solchen amalgamirten Zinkstücke keine Wasserstoffblasen aufsteigen,

wenn man es in die verdünnte Schwefelsäure eintaucht; das Zink wird nur dann erst aufgelöst, wenn es mit dem Kupfer zur Kette geschlossen wird.

Bestimmt man also diejenigen Mengen der verschiedenen Stoffe, welche durch ein und dasselbe Quantum Electricität ausgeschieden werden, so erhält man genau die chemischen Aequivalente wieder. Man könnte also sagen, daß bei der Zersetzung der Körper durch einen electrischen Strom der chemische Proceß, der in dem die Electricität erzeugenden Gefäße vorgeht, in die Zersetzungszelle oder in den Zersetzungsapparat übertragen werde. Manche Physiker haben daher auch die Entstehung der Electricität einer galvanischen Kette nicht von der Berührung der verschiedenen Metalle und Flüssigkeiten, sondern von dem in der Kette vorgehenden chemischen Processe abgeleitet.

Da die Körper stets so zersetzt werden, daß die ausgeschiedenen Mengen sich wie die chemischen Aequivalente verhalten, so scheint hierin der Grund zu liegen, warum solche chemische Verbindungen, in welchen ein Aequivalent des einen Bestandtheiles mit mehreren Aequivalenten des andern verbunden ist, wie z. B. die Schwefelsäure, Salpetersäure, Borsäure, Phosphorsäure u. s. w. und ebenso die Hyperoxyde nicht durch den electrischen Strom unmittelbar zerlegt werden können, und auch wohl im reinen Zustande gar nicht leiten. Von den bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Chlorverbindungen leiten nicht und werden auch nicht zersetzt das Zinnchlorid, Arsenchlorür und Arsenchlorür-Hydrat; es ist in ihnen aber auch ein Aequivalent des Metalles nicht mit einem Aequivalent Chlor verbunden. (Zinnchlorür dagegen aus 1 Aequiv. Zinn und 1 Aequiv. Chlor leitet geschmolzen und wird auch zersetzt).

§. 380. Wenn aber die vorhin bezeichneten Verbindungen, z. B. die obigen Säuren, sich mit Metalloxyden zu Salzen verbunden haben, so werden die im Wasser aufgelösten Salze so zersetzt, daß die Säure sich zum positiven Pol und das Oxyd zum negativen Pol auf die oben (§. 378) näher bezeichnete Weise hinbegibt. Eine Anziehung von Seiten der Polplatten auf die Bestandtheile der Flüssigkeit findet nicht statt; es bilden die Polplatten gewissermaßen nur die Wege, an welchen die Stoffe frei werden können. Durch die Gegenwart und gleichzeitige Zerlegung des Wassers entstehen aber eine Reihe von chemischen Processen, welche die Producte der electrischen Zersetzungen sehr mannigfaltig abändern. Man kann die Einwirkung des frei werdenden Wasser- und Sauerstoffs am besten mit derjenigen vergleichen, welche man ihnen sonst in der Chemie in dem sogen. statu nascenti zuschreibt; und in einem solchen befinden sie sich hier in der That. Leitet man z. B. einen electrischen Strom durch concentrirte Salpetersäure, so wird (bei Anwendung von Platinplatten) an der positiven Polplatte der Sauerstoff des vorhandenen Wassers frei werden; der durch diese Zersetzung am negativen Pole entstehende Wasserstoff verbindet sich dagegen sogleich mit dem Sauerstoff der Salpetersäure und verwandelt letzteren in salpetrige Säure; man beobachtet also keine Entwicklung von Wasserstoff. Leitet man einen electrischen Strom durch dieselben Platten in eine gesättigte Auflösung von Kupfervitriol, so wird erstens das Wasser zersetzt und zweitens das schwefelsaure Kupferoxyd, und letzteres auf die Weise, daß die Schwefelsäure sich zu der positiven, das Kupferoxyd dagegen zu der negativen Polplatte begibt; der Sauerstoff des zersetzten Wassers wird an der positiven Polplatte frei, der Wasserstoff dagegen verbindet sich im Entstehen sogleich mit dem Sauerstoffe des an der negativen Polplatte befindlichen Kupferoxyds und verwandelt dasselbe in metallisches Kupfer, das je nach der

Stärke des electrischen Stromes entweder als dunkelbraunes Pulver oder als schön hellrothes, fest zusammenhängendes Kupfer sich absetzt. Aehnlich verhalten sich die Salze anderer Metalle, wenn sie durch den electrischen Strom zersetzt werden.

§. 381. Jacobi hat diese so eben erwähnte Reduction des Kupfers benutzt, um genaue Abdrücke, z. B. von gravirten Kupferplatten, zu erhalten (Galvanoplastik). Man hat zu diesem Zwecke nur nöthig, die gegebene Kupferplatte in eine gesättigte Kupfervitriollösung zu legen, parallel in einiger Entfernung über derselben eine zweite Kupferplatte anzubringen, und beide mit einer galvanischen Kette, die einen schwachen electrischen Strom gibt, so zu verbinden, daß die gravirte Kupferplatte die negative Polplatte, die andere aber die positive bildet. An der erstern reducirt dann der frei gewordene Wasserstoff das zu ihr geführte Kupferoxyd zu metallischem, sehr fest zusammenhängendem Kupfer, das alle Vertiefungen der Kupferplatte genau ausfüllt. An der andern positiven Kupferplatte erzeugt der Sauerstoff Kupferoxyd, das sich in der hieher gewanderten Schwefelsäure auflöst und den durch den Niederschlag des Kupfers verbrauchten Kupfervitriol wieder ersetzt. Die Stärke des anzuwendenden Stromes richtet sich übrigens nach der Größe der gegebenen Kupferplatte; bei einer größern Platte verbreitet sich der Strom über eine größere Fläche, und seine Dichtigkeit wird an jedem Punkte derselben um so geringer, man muß deßhalb den Strom des Elementes stärker nehmen. Man regulirt die Stärke am besten so, daß der Niederschlag von Kupfer in 3—4 Tagen die Dicke einer gewöhnlichen zum Drucken angewandten Kupferplatte erhält. Hebt man dann die gegebene Platte mit ihrem Niederschlage aus der Flüssigkeit, spült sie ab und feilt den umgewachsenen Rand von Kupfer ab, so trennt sich die gegebene Platte von der auf ihr niedergeschlagenen (oder kann durch einen eingeschobenen Hornspatel leicht getrennt werden), die jetzt einen völlig genauen Abdruck der gegebenen darstellt, jedoch natürlich so, daß alle Vertiefungen in der ersten Platte auf der zweiten Erhöhungen bilden, und umgekehrt. Um nun auch eine in dieser Beziehung der ursprünglichen völlig gleiche Kupferplatte darzustellen, behandelt man die so eben auf galvanoplastischem Wege gewonnene Kupferplatte genau wieder auf dieselbe Weise, und erhält dann einen zweiten Abdruck, der von der ursprünglichen Platte in Nichts unterschieden ist, und sich genau zu denselben Zwecken, wie diese, also zum Drucken, verwenden läßt.

§. 382. Man kann auch selbst gravirte Kupferplatten durch bloße Zeichnung mit Hilfe der Galvanoplastik ausführen. Man zeichnet mit einer etwas dicken, firnißartigen Farbe (z. B. dem dicken Terpentinöl der Porcellanmaler) auf eine gut polirte Kupferplatte und behandelt die so vorgerichtete Platte auf die eben angegebene Weise. Es schlägt sich auf ihr dann eine Kupferplatte nieder, welche die Zeichnung vertieft enthält und sich sehr gut zum Drucken eignet.

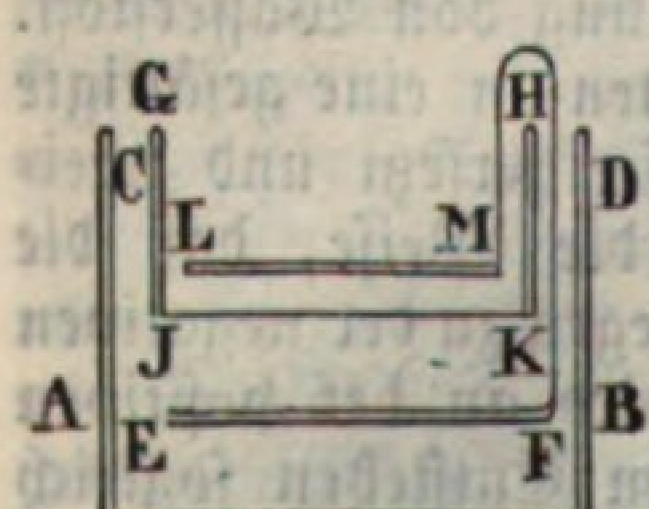


Fig. 218.

Man braucht übrigens für diesen Niederschlag des Kupfers keine besondere galvanische Kette vorzurichten, sondern kann gleich die gegebene Kupferplatte als erregende Platte benutzen. Es bedeute A B, Fig. 218, ein Glasgefäß; in dasselbe gieße man eine gesättigte Lösung von Kupfervitriol bis zu C D, lege die gegebene Kupferplatte E F auf den Boden des Gefäßes, setze in einiger Höhe über derselben einen Rahmen G H J K, der unten mit einem Stück von einer Blase oder einem

Trommelfelle J K verschlossen ist, gieße in das auf diese Weise gebildete Gefäß des Rahmens Wasser, das durch einen geringen Zusatz von Schwefelsäure etwas sauer gemacht worden ist, lege in dasselbe ein Stück Zink L M und verbinde das Zink durch ein Draht M H mit dem von der Kupferplatte ausgehenden Drahte F H, um die Kette zu schließen. Der Strom geht vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer; es schlägt sich also auf der negativen Kupferplatte metallisches Kupfer nieder. Den Draht F H überzieht man, so weit er in die Flüssigkeit taucht, mit etwas Wachs, damit sich nicht unnützer Weise auch an ihm Kupfer niederschlägt; die Zinkplatte L M entfernt man durch einige untergelegte Glasstückchen etwas von der Blase J K, und hält die Kupfervitriollösung durch in die Ecken und an die Seiten gelegte Stücken fester Kupfervitriolkrystalle immer in gesättigtem Zustande.

Handelt es sich darum, einen genauen Abdruck in Kupfer, z. B. von einer geprägten Denkmünze, zu erhalten, so kann man die erste galvanoplastische Nachbildung ersparen, indem man die geprägte Münze in einem leichtflüssigen Metallgemische oder auch in Stearin abdrückt. Legt man dann diese Abdrücke in eine Kupfervitriollösung und verbindet sie als negative Polplatten mit einer Kette, so erhält man einen Niederschlag von Kupfer auf ihnen; natürlich muß die nicht leitende Oberfläche des Stearins erst dadurch leitend gemacht werden, daß man sie mittelst eines Pinsels mit feinem Graphit einreibt. Auf ähnliche Weise lassen sich auch mit Hülfe des Stearins kleine Büsten u. dgl. auf galvanoplastischem Wege aus Kupfer darstellen.

§. 383. De la Rive hat diesen galvanoplastischen Niederschlag auch zur Vergoldung von silbernen, messingenen u. s. w. Geräthschaften angewendet. Es kömmt aber hiebei darauf an, daß sich die Goldschicht mit vollkommen glänzender Oberfläche auf das polirte Metall niederschlägt, damit nicht durch ein nachheriges Poliren die äußerst dünne Goldschicht abgerieben wird. Diese Vergoldung gelingt am besten, wenn man als Flüssigkeit Cyangoldkalium anwendet; der Gegenstand, welcher vergoldet werden soll, muß natürlich auch hier wieder den negativen Pol in dieser Flüssigkeit bilden. Man wendet gewöhnlich zwei bis drei Elemente in der Kette an, und dann ist die Vergoldung in wenigen Minuten vollendet.

Auf ähnliche Weise kann man auch Gegenstände mit Silber oder mit Platin überziehen. Jacobi hat sogar gleich Metalllegirungen, z. B. Messing, niedergeschlagen. Er leitet einen Strom von drei bis vier Elementen durch eine Lösung von Cyankalium, indem er als positive Polplatte gleichzeitig eine Kupfer- und eine Zinkplatte in dieselbe eintaucht. Beide Metalle werden aufgelöst, und schlagen sich, wenn die Flüssigkeit eine gewisse Menge davon enthält, an der negativen Polplatte als Messing wieder nieder; die Zusammensetzung und die Farbe dieses Niederschlages hat man ganz in seiner Gewalt; je nachdem man mehr oder weniger die positive Kupfer- oder Zinkplatte eintaucht, wird mehr oder weniger von dem einen oder dem andern Metalle aufgelöst, und also in demselben Verhältnisse auch wieder abgesetzt.

§. 384. Auch durch die Electricität einer Electrisirmaschine kann man chemische Zersetzungen erzeugen. Bringt man ein Stückchen feuchtes Lackmuspapier mit dem Conductor einer gewöhnlichen Electrisirmaschine, und ein Stück Curcumapapier mit dem Reibzeuge in Verbindung, und verbindet dann beide Papiere mittelst eines sehr langen, mit Glaubersalzlösung befeuchteten isolirt aufgehangenen Fadens, so daß der positive Strom des Conductors von dem Lackmuspapier durch den Faden und das Curcumapapier zum Reibzeuge gelangt, so wird das Lackmuspapier geröthet, und das Curcuma-

papier gebräunt, zum Beweise, daß die Schwefelsäure des Glaubersalzes nach dem Conductor, und das Natron umgekehrt nach dem Reibzeuge hingegangen ist.

Am leichtesten scheint unter allen Körpern das Jodkalium zersetzt zu werden, das man deßhalb auch überall da anwendet, wo es sich um einen Nachweis einer electrochemischen Zersetzung handelt. Das am positiven Pole (Platindrahte) ausgeschiedene Jod macht sich augenblicklich durch seine braune Färbung bemerklich; noch auffallender kann man sein Erscheinen machen, wenn man in die Nähe des positiven Poles etwas Stärkmehl bringt, wodurch sogleich die charakteristische blaue Färbung der Jodstärke erzeugt wird.

Wenn Wasser durch die Electricität zersetzt wird, so erhält der erzeugte Sauerstoff einen eigenthümlichen Geruch. Schönbein hält das riechende Princip für einen eigenthümlichen dem Chlor oder Brom ähnlichen Stoff, und nennt es Ozon. Die ozonhaltige Luft besitzt die Fähigkeit, mit Jodkalium und Stärkmehl befeuchtetes Papier zu bläuen. Auch durch die Electricität der Maschine läßt dieses Ozon sich erzeugen. Man leite durch eine Röhre einen Strom reinen Sauerstoff und lege ein Stückchen mit Jodkalium und Stärkmehl befeuchtetes Papier hinein; es wird sich nicht ändern. Läßt man aber mittelst zweier in die Röhre eingeschmolzenen Drähte ununterbrochen electrische Funken durch den Sauerstoff schlagen, so wird jetzt der Sauerstoff, wenn er weiterhin in der Röhre auf das Papier trifft, das Papier bläuen. Auch auf rein chemischem Wege, durch Berührung der atmosphärischen Luft mit Phosphor, scheint sich derselbe Stoff zu bilden.

In Folge der vielfachen Beziehungen, welche sich zwischen den electrischen und chemischen Kräften gezeigt haben, ist es nicht unwahrscheinlich, daß beide nicht wesentlich von einander verschieden sind, daß vielmehr die Electricität die verschiedenen chemischen Processe veranlaßt (electrochemische Theorie).

§. 385. Hat man einen electrischen Strom mittelst zweier völlig gleichen (aus einem Stücke geschnittenen) Polplatten einige Augenblicke durch eine Flüssigkeit geleitet, also z. B. durch die beiden in Fig. 216 abgebildeten Platinplatten C D und E F, so entsteht, wenn man die ursprüngliche Kette hinwegnimmt, und die beiden Platten C D und E F durch die Drähte F H und D G mit einander verbindet, ein electrischer Strom, der genau die umgekehrte Richtung hat, als der ursprüngliche. Man nennt die durch den Strom hervorgerufene Aenderung in dem Zustande der Oberfläche der Platten Ladung oder Polarisation, und den dadurch erzeugten Strom einen secundären Strom. Das Platin ist besonders zur Annahme dieses eigenthümlichen Zustandes geeignet, und man kann durch Anwendung mehrerer säulenartig mit einander verbundenen Paare von Platinplatten einen so starken secundären Strom erhalten, daß er selbst das Wasser zersetzt. Auch durch Hindurchleiten der Maschinenelectricität durch eine Flüssigkeit entsteht in den in dieselbe eintauchenden Platinplatten eine Polarisation.

Beiläufig mögen hier noch einige andere verwandte Erscheinungen erwähnt werden. Läßt man electrische Funken vom Conductor auf eine von zwei gleichen Platinplatten schlagen, und taucht beide Platten in Wasser ein, so erhält man durch die Verbindung beider Platten mittelst eines Drahtes einen wenn auch schwachen electrischen Strom. Taucht man eine von zwei gleichen Platinplatten in eine Luft, welche einige Zeit mit Phosphor in Berührung gewesen ist, so entsteht ebenfalls beim Eintauchen beider Platten in Wasser ein electrischer Strom. Dasselbe gilt, wenn man die

eine Platte in Wasserstoffgas taucht. Bringt man in die eine Röhre z. B. P, Fig. 216, zur Hälfte Sauerstoff, und in Q zur Hälfte Wasserstoff, während die untere Hälfte beider Röhren noch mit Wasser gefüllt ist, so daß die Plantinbleche C D und E F theils mit den Gasen, theils mit dem Wasser in Verbindung sind, so entsteht ebenfalls ein electrischer Strom. In diesen Fällen ist durch die Berührung mit einem fremden Stoffe die Oberfläche der einen Platte verändert worden.

§. 386. Leitet man einen electrischen Strom durch einen Draht, so erwärmt sich derselbe, und zwar nimmt die Erwärmung mit dem Quadrate der Stromstärke zu, so daß der doppelt so starke Strom die vierfache Erwärmung hervorbringt. Verstärkt man den Strom sehr, so wird der Draht glühend, und selbst ein Platindraht kann auf diese Weise geschmolzen werden. Der Draht erhitzt sich um so stärker, je dünner er ist (man vergl. §. 364), und ein zwei Linien langer, sehr dünner Platindraht kann selbst durch ein einziges Kohlen- oder Platinelement geschmolzen werden. Ebenso verbrennen dünne Gold- und Silberblättchen sehr leicht.

Läßt man den electrischen Strom von mehreren Kohlen- oder Platinelementen zwischen zwei Kohlenspitzen übergehen, so entsteht ein sehr helles Licht zwischen denselben, und die Kohle verbrennt dabei. Macht man diesen Versuch im luftleeren Raume, so erscheint dasselbe glänzende Licht; die Kohle verbrennt aber hiebei nicht, weil kein Sauerstoff vorhanden ist, es werden nur Kohlentheilchen von der positiven Kohle losgerissen und auf der negativen wieder abgesetzt. Ist der Strom einmal durch die Berührung zwischen den Kohlenstücken entstanden, so kann man dann die Kohlen etwas (bei starken Ketten selbst mehrere Linien) von einander entfernen, ohne daß der Strom aufhört; es entsteht vielmehr zwischen den Kohlenspitzen ein sehr glänzender Lichtbogen. Den bei weitem größten Theil seiner Leuchtkraft verdankt dieser Lichtbogen seinen kreisförmig glühenden Anfangspunkten; seine Intensität ist völlig hinreichend zur Anfertigung von Lichtbildern auf jodirten Silberplatten nach dem Daguerre'schen Verfahren.

§. 387. Gleich zu Anfang der Entdeckung des Galvanismus beobachtete man, daß der durch die Nerven gehende electrische Strom Zuckungen selbst in eben getödteten Thierkörpern hervorruft; durch die Erfindung der Voltaischen Säule gewann man ein Mittel, selbst beim Durchgange des electrischen Stromes durch den menschlichen Körper Zuckungen zu bewirken. Wenn man die Enddrähte einer sehr vielpaarigen Voltaischen Säule mit beiden befeuchteten Händen anfaßt, so fühlt man eine sehr kräftige Erschütterung. Um bei schwächern Säulen noch diesen electrischen Schlag zu empfinden, ist es zweckmäßig zwei kleine Metallcylinder in die feuchten Hände zu nehmen, und mittelst der an diesen Cylindern befestigten Drähte die Kette zu schließen. Man empfindet übrigens nicht bloß einen Schlag beim Schließen der Kette, sondern auch beim Oeffnen; während des Geschlossenseins der Kette empfindet man bei schwächeren Ketten gar nichts, bei sehr starken dagegen entsteht ein eigenthümliches brennendes Gefühl an denjenigen Stellen, an welchen der Strom in den Körper eingeführt wird. Soll also Jemand ununterbrochen electrische Erschütterungen erhalten, so muß man die Kette schnell abwechselnd schließen und wieder öffnen. Dieß kann leicht auf folgende Weise geschehen. Das kupferne Rad A B, Fig. 219,

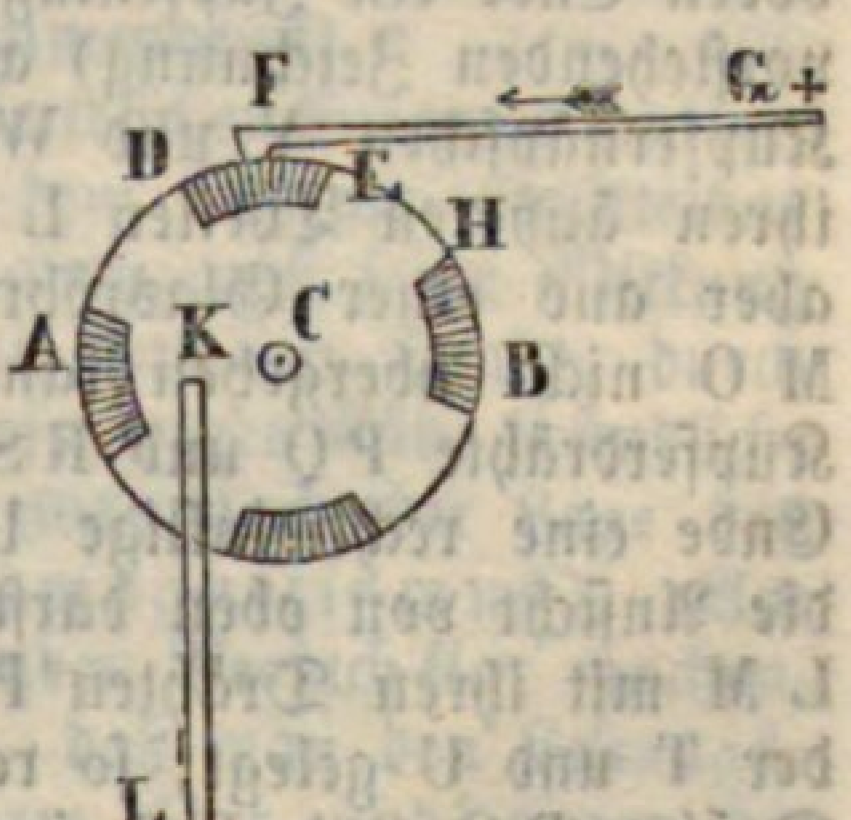


Fig. 219.

kann sehr schnell um seine Axe C durch irgend eine Vorrichtung gedreht werden; sein Rand ist an einigen Stellen ausgeschnitten, und die entstandenen Lücken, wie D E, sind mit Stückchen Elfenbein oder Holz wieder ausgefüllt, oder auch leer gelassen. Auf diesem abwechselnd aus Elfenbein (oder Holz) und Metall bestehenden Rande schleift eine Feder F G mit ihrem vordern Ende F, während das hintere Ende G befestigt und mit dem einen Polardraht der Kette verbunden ist; das Ende F liegt also abwechselnd auf Elfenbein, D E, oder auf Kupfer, E H. Zur Seite des Rades steht dann noch eine zweite in L befestigte Feder K L, welche mit ihrem obern freien Ende K fortwährend gegen die Kupferscheibe drückt, und während deren Umdrehung an derselben schleift; ihr unteres Ende L ist mit dem andern Pole der Säule in Verbindung. Ist nun diese Vorrichtung in die Kette eingeschaltet, so wird der Strom derselben schnell hinter einander geschlossen und wieder geöffnet; geschlossen, wenn die Feder F G mit ihrem Ende auf Metall, geöffnet dagegen, wenn sie auf dem Elfenbein liegt. Die Schnelligkeit in der Aufeinanderfolge dieser Wechsel hängt von der Anzahl der eingesetzten Elfenbeinstücke und der Geschwindigkeit der Umdrehung ab.

§. 388. Durch die eben beschriebene Vorrichtung wird die Kette nur abwechselnd geöffnet und geschlossen, der Strom behält aber dabei stets seine Richtung. Will man dabei zugleich die Richtung des Stromes umkehren, so bedarf man einer etwas complicirten Vorrichtung. Es soll hier nur eine solche zur Umkehrung des Stromes dienende Vorrichtung (Commutator genannt) beschrieben werden, bei welcher keine Umdrehung im Kreise stattfindet. Es bedeutet, Fig. 220, A B C D ein viereckiges Brett, auf welchem vier kleine Kupfernäpfchen F, G, E, H angebracht und durch zwei Kupferdrähte E H und F G so mit einander verbunden sind, daß E nur mit H und F nur mit G in Verbindung steht; die beiden Drähte gehen also da, wo sie sich in der Zeichnung zu durchkreuzen scheinen, über einander, ohne sich zu berühren, hinweg. In T und U befinden sich zwei kleine kupferne Ständer, welche an ihrem obern Ende ein Zapfenlager haben, um die Enden der Axe L M (in der vorstehenden Zeichnung) aufzunehmen; zur Seite steht ein jeder mit einem Kupfernäpfchen V und W in Verbindung. Die Axe L M besteht nur in ihren äußeren Theilen L N und O M aus Kupfer, der mittlere Theil N O aber aus einer Glasröhre (so daß von L N ein electrischer Strom nach M O nicht übergehen kann); an ihren kupfernen Theilen sind die beiden Kupferdrähte P Q und R S angelöthet. Diese Kupferdrähte haben an jedem Ende eine rechtwinklige Umbiegung nach unten, die in der Figur, welche die Ansicht von oben darstellt, nicht sichtbar ist. Denkt man sich die Axe L M mit ihren Drähten P Q und R S in die Zapfenlager der beiden Ständer T und U gelegt, so reichen die nach unten gehenden Umbiegungen der Drähte P Q und R S in keines der Kupfernäpfchen, sondern stehen mit ihren Enden ungefähr eine Linie über denselben, wenn die Drähte P Q und

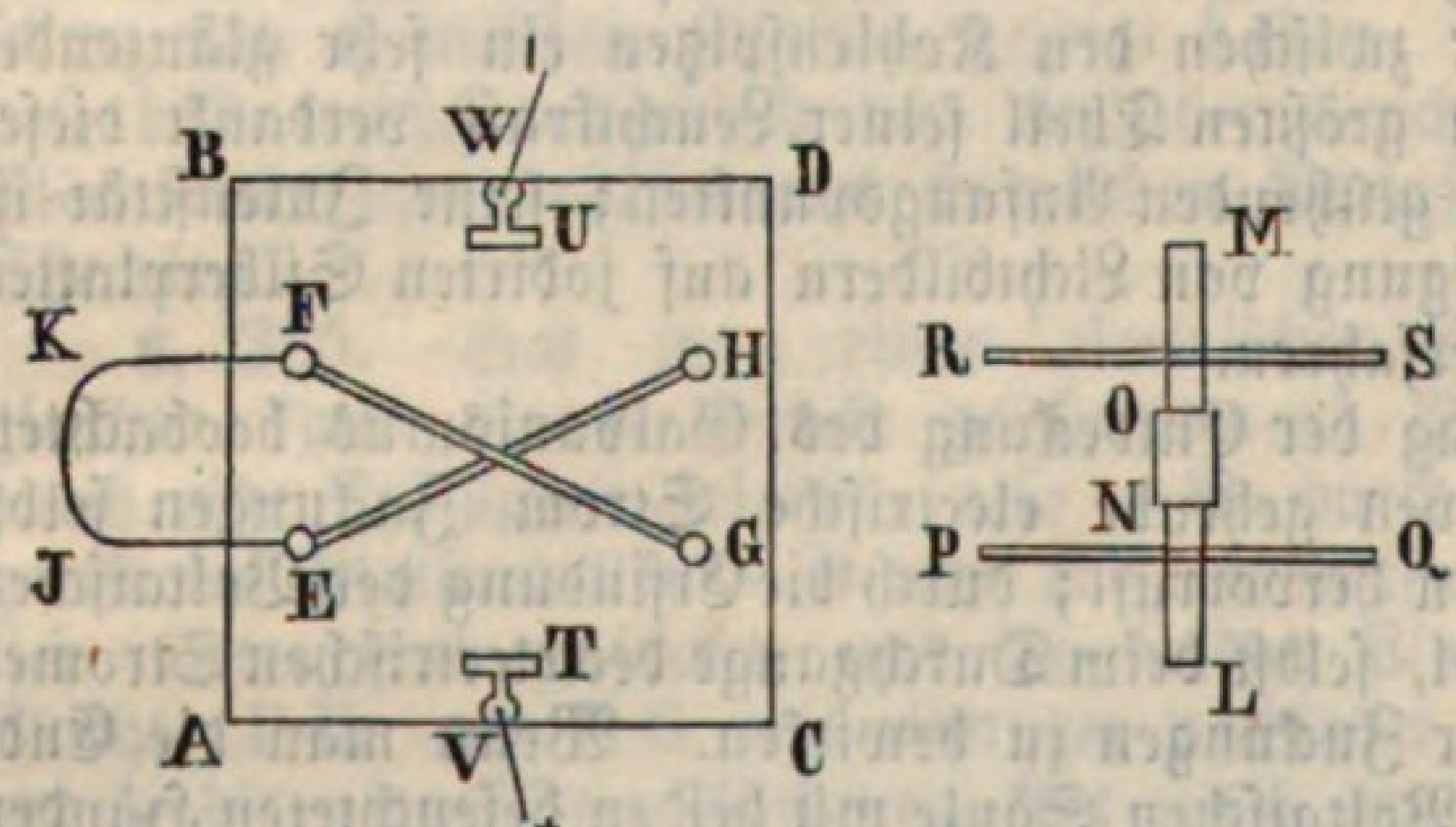


Fig. 220.

R S horizontal liegen. Füllt man die Kupfernäpfchen mit Quecksilber, und dreht die Axe L M rechtsum, so tauchen die Enden Q und S der beiden Kupferdrähte in das Quecksilber der beiden Näpfchen G und H. Dreht man die Axe aber linksum, so tauchen die Enden P und R der beiden Kupferdrähte in das Quecksilber der Näpfchen E und F. (Die Kupfernäpfchen werden inwendig durch Bestreichen mit etwas salpetersaurem Quecksilberoxydul amalgamirt, und ebenso alle Enden der Drähte, welche in das Quecksilber eintauchen.) Taucht man nun die Poldrähte eines electrischen Stromes in das Quecksilber der beiden Kupfernäpfchen V und W, und hängt die Enddrähte des Schließungsbogens J K, durch welchen der Strom gehen soll, in das Quecksilber der Näpfchen E und F ein, so circulirt bei horizontaler Lage der beiden Drähte P Q und R S gar kein Strom, weil die Kette nicht geschlossen ist; wird aber die Axe rechts gedreht, so daß die Drahtenden Q und S in das Quecksilber der Näpfchen G und H tauchen, so nimmt der Strom den Lauf V T L Q G F K J E H S M U W; geht also in dem Schließungsdrahte J K von K nach J. Wird dagegen die Axe links gedreht, so daß die Drahtenden P und R in das Quecksilber der Näpfchen E und F tauchen, so nimmt der Strom den Lauf V T L P E J K F R M U W, geht also in dem Schließungsdrahte J K von J nach K, d. h. gerade in der umgekehrten Richtung als vorhin. Schaltet man also an der Stelle des Drahtes J K den menschlichen Körper ein, indem die rechte Hand den Draht J, und die linke den Draht K erfaßt, so geht beim Umlegen der Axe nach rechts oder links der electrische Strom bald von dem linken Arme durch die Brust zum rechten, bald umgekehrt von dem rechten zum linken.

Leitet man einen electrischen Strom so, daß er die für besondere Empfindungen eingerichteten Nerven, also z. B. den Sehnerv berührt, so wird die diesen Nerven eigenthümliche Empfindung hervorgerufen. Drückt man die beiden Poldrähte einer nur schwachen Säule von ungefähr 8 Elementen in die befeuchtete Schläfengegend auf beiden Seiten des Kopfes, so nimmt man beim Oeffnen und Schließen eine blitzähnliche Erscheinung wahr. Ja man kann dieselbe selbst durch ein einziges Element hervorrufen, wenn man eine Silberplatte an das angefeuchtete Augenlid drückt, und mit derselben ein Zinkstück berührt, das man in dem Munde festhält. — Schließt man eine Kette von ungefähr 30 Elementen durch die Ohren, so empfindet man eine starke Erschütterung im Kopfe, und hört dabei zugleich ein besonderes Geräusch.

Auf der Zunge erzeugt der positive Pol einer Säule in Folge der eintretenden chemischen Zersetzungen einen sauren, der negative aber einen alkalischen Geschmack; es gelingt der Versuch selbst schon mit einem einzigen Elemente von Zink und Silber, indem man das eine Metall auf, das andere unter die Zunge legt und die äußeren Enden beider zusammendrückt.

§. 389. Die bisher betrachteten Wirkungen des electrischen Stromes wurden nur in denjenigen Körpern ausgeübt, welche von dem Strome unmittelbar getroffen wurden. Der electrische Strom äußert aber auch seine Wirkung in die Ferne. Im Jahre 1820 entdeckte Oerstedt, daß ein Draht, durch welchen eine galvanische Kette geschlossen war, eine in seiner Nähe befindliche Magnetnadel aus ihrer Richtung ablenkte, und zwar nach der Lage des Drahtes nach Osten oder nach Westen (Electromagnetismus). Am leichtesten wird man sich diese Erscheinung durch folgenden Versuch klar machen. Man stelle eine Magnetnadel so auf einen Tisch, daß man den Leitungsdraht einer geschlossenen galvanischen Kette bequem über und unter die Nadel bringen kann, und schalte in die Kette zugleich den so eben §. 388

beschriebenen Commutator ein, damit man in dem Leitungsdrahte (z. B. JK Fig. 220) augenblicklich durch Umlegen des Commutators die Richtung des electrischen Stromes umkehren kann. Man spanne den Draht zunächst über der Nadel und parallel mit ihr, also in der Richtung von Norden nach Süden aus, und leite den Strom so, daß er von Norden nach Süden hingeht; der Nordpol der Nadel wird dann nach Osten und der Südpol der Nadel nach Westen hin aus ihrer ursprünglichen Lage abweichen. Läßt man den Draht in seiner Lage ungeändert, und legt nur den Commutator um, so daß der Strom die Richtung von Süden nach Norden annimmt, so wird die Magnetnadel gerade umgekehrt ausschlagen, nämlich mit ihrem Nordpole nach Westen, und mit ihrem Südpole nach Osten. Bringt man den Draht in der Richtung von Norden nach Süden unterhalb der Nadel an, und leitet den Strom so, daß er in dem Drahte von Norden nach Süden geht, so wird der Nordpol der Nadel nach Westen, und der Südpol nach Osten abgelenkt; ändert man durch Umlegen des Commutators die Richtung des electrischen Stromes in die entgegengesetzte von Süden nach Norden um, so wird der Nordpol der Nadel nach Osten und der Südpol nach Westen hinabgelenkt.

Man kann diese vier Versuche sich am bequemsten so merken, daß man sich in den Draht hineingelegt denkt, mit dem Gesichte stets nach der Nadel hingewendet und in solcher Richtung, daß der electrische Strom vom Kopfe zu den Füßen hin geht (liegt also der Draht über der Nadel, so legt man sich mit dem Gesichte nach unten, liegt der Draht unter der Nadel, mit dem Gesichte nach oben). In dieser Lage wird dann der Nordmagnetismus der Nadel jedesmal nach rechts und der Südmagnetismus derselben dagegen nach links hingetrieben, wie man sich leicht durch die nähere Betrachtung der eben beschriebenen vier Fälle überzeugt.

§. 390. Eine nähere Betrachtung dieser vier Fälle lehrt, daß ein electrischer Strom, der oberhalb der Magnetnadel von Norden nach Süden geht, gerade denselben Ausschlag der Nadel erzeugt, als wenn er unterhalb der Nadel von Süden nach Norden geht; und daß ebenso auch die Einwirkung eines Drahtes oberhalb der Nadel, in welchem der Strom von Süden nach Norden geht, gleich ist der Einwirkung eines Drahtes unterhalb der Nadel, in welchem der Strom von Norden nach Süden geht, nur ist der durch die letzten beiden Drähte erzeugte Ausschlag der Magnetnadel gerade der umgekehrte von demjenigen, welchen die beiden ersten Drähte erzeugten. Diese Uebereinstimmung in den Einwirkungen zweier Drähte über und unter der Nadel, in welchen der Strom die entgegengesetzte Richtung hat, ist von Schweigger benutzt worden zur Construction seines electromagnetischen Multiplicators oder Galvanometers. Man stelle eine Magnetnadel auf einen Tisch, so daß man bequem den Leitungsdraht einer electrischen Batterie darüber und darunter legen kann, und nehme als Leitungsdraht einen etwas langen mit Seide übersponnenen Kupferdraht. Legt man zuerst den Draht AB, Fig. 221, über die Magnetnadel SN, so wird letztere auf die angegebene Weise ausschlagen; den Winkel, um welchen sie ausschlägt, liest man auf einem getheilten Kreise, über welchen sie sich bewegt, ab. Läßt man den Draht AB oberhalb der Nadel liegen und biegt ihn unterhalb derselben in CD wieder zurück, so wird man sehen, daß der Ausschlag der Nadel sehr bedeutend verstärkt wird (er müßte gerade verdoppelt werden,

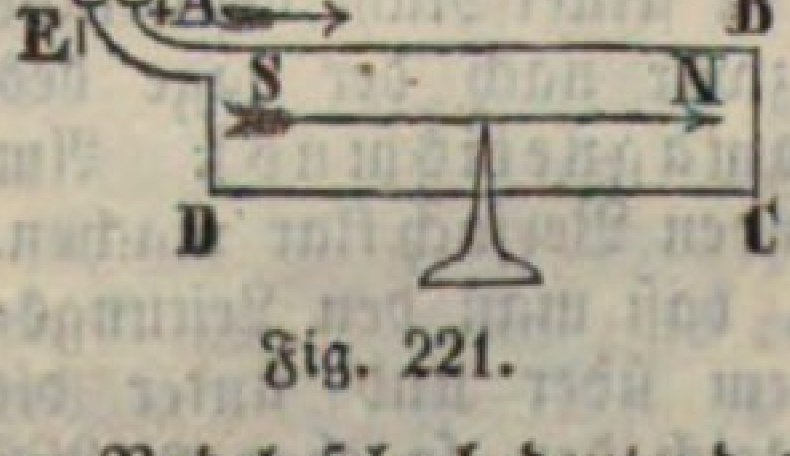


Fig. 221.

wenn der zweite Draht sich in Beziehung zur Nadel genau wieder in denselben Verhältnissen wie der erste befände). Führt man nun den Draht wieder über der Nadel in der Richtung von A nach B hin und unten wieder zurück u. s. f., so wird jede neue Windung die Größe des Ausschlages auf gleiche Weise vergrößern. Um zu verhindern, daß der Strom anstatt die einzelnen Windungen alle nach einander zu durchlaufen gleich von dem ersten zur letzten übergeht, ist der Draht mit einem Nichtleiter, mit Seide übersponnen.

Der oben beschriebene Multiplicator gewährt ein sehr einfaches Mittel, um sich nicht nur von dem Vorhandensein electrischer Ströme zu überzeugen, sondern auch die Stärke derselben mit Genauigkeit zu messen. Um ihm eine möglichst große Empfindlichkeit zu geben (d. h. um ihn geeignet zu machen, selbst außerordentlich schwache electrische Ströme anzuzeigen), muß man ihn erstens, wie aus dem Vorhergehenden sich ergibt, aus sehr zahlreichen Windungen übersponnenen Kupferdrahtes (die auf einen hölzernen Rahmen aufgewunden sind) construiren, zweitens aber auch die Aufhängung der Nadel verfeinern, indem man dieselbe nicht auf einer Spitze schweben läßt, sondern an einem Coconfaden aufhängt, und drittens die Anziehung des Erdmagnetismus auf den Magnetismus der Nadel oder die Richtkraft der Nadel schwächen. Das letztere geschieht entweder so, daß man in der verlängerten Richtung der aufgehangenen Magnetnadel in einiger Entfernung von ihr einen Magnetstab hinlegt, dessen nächster Pol gerade der Wirkung des Erdmagnetismus auf die Nadel entgegengesetzt ist; dadurch wird die Richtkraft der Nadel oder ihr Bestreben, sich in den magnetischen Meridian einzustellen, geringer, wie man aus der Zunahme der Zeit, welche die Nadel zu einer Schwingung gebraucht, gleich erkennt. Je näher man den Magnetstab bringt, desto geringer wird diese Richtkraft, bis sie bei einer bestimmten Entfernung auf Null kommt (bei noch größerer Annäherung schlägt dann die Nadel gänzlich um; deßhalb darf man den Magnetstab nicht über die ebenbezeichnete Grenze nähern). Oder man bringt, um die Richtkraft einer Magnetnadel zu vernichten, eine zweite, fest mit ihr verbundene und gleiche Magnetnadel aber mit umgekehrter Lage ihrer Pole, an. Figur 222 stellt einen auf diese Weise mit einer Doppelnadel construirten Multiplicator dar. A B bedeutet den auf einen hölzernen Rahmen aufgewundenen Kupferdraht, dessen beide Enden C und D mit den beiden Polen einer Kette verbunden werden. EF und GH sind zwei Magnetnadeln, welche so in die zwei an dem Stäbchen JK befestigten Messinghülsen eingeschoben sind, daß bei der untern der Nordpol rechts und der Südpol links, bei der obern aber umgekehrt der Südpol rechts und der Nordpol links liegt. Das Stäbchen JK ist an einem Coconfaden MJ aufgehangen, der oben an dem gekrümmten Metallstabe NM befestigt ist. o p bedeutet einen unter der obern Nadel befindlichen getheilten Kreis, um auf ihm die Größe des Ausschlages abzulesen. Hätten beide Magnetnadeln EF und GH genau gleiche Stärke, so besäße die Doppelnadel gar keine Richtkraft; gewöhnlich aber ist von zwei auf gleiche Weise magnetisirten Nadeln die eine etwas stärker magnetisch als die andere; und so soll die Doppelnadel für den Multiplicator beschaffen

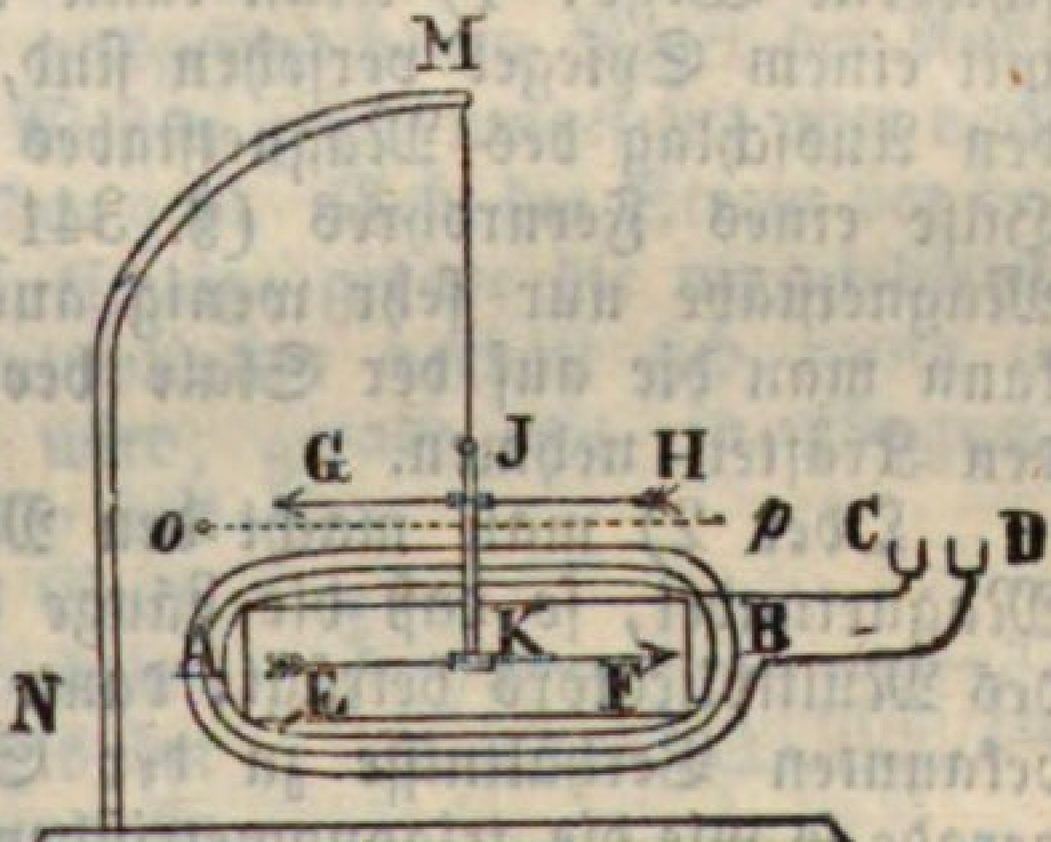


Fig. 222.

sein, damit sie nur noch eine sehr geringe Richtkraft besitzt. Der electrische Strom im Multiplicator vermag also sehr leicht diese Nadel abzulenken. Da die obere Nadel in ihren Polen eine gegen die untere Nadel umgekehrte Lage hat, so sucht der electrische Strom im Multiplicator sie in demselben Sinne als die untere zu drehen, weil die erstere Nadel oberhalb des Multiplicators liegt; es wird also durch die zweite Nadel die Empfindlichkeit des Multiplicators auch noch auf diese Weise erhöht.

§. 391. Da die Nadel beim Ausschlagen aus ihrer ursprünglichen Richtung (aus dem Meridian) ihre Lage in Beziehung auf die Windungen des Multiplicators ändert, dabei aber auch zugleich eine andere Stellung gegen die Richtung des Erdmagnetismus einnimmt, und in Folge dessen eine verschiedene Einwirkung von seiner Seite erfährt, so wird die Nadel für eine doppelt so starke Electricität im Allgemeinen nicht doppelt so weit ausschlagen u. s. w.; die Weite der Ausschläge wird in den meisten Fällen einem ganz andern Gesetze folgen, dessen Aufstellung durch bloße Rechnung nicht gut möglich ist, wenn der Multiplicator nicht regelmäßig gewickelt ist. Man sucht deßhalb die Intensität der electrischen Ströme, welche zu einem bestimmten Ausschlage am Multiplicator gehören, durch Versuche ein für alle Mal zu bestimmen. Man leitet z. B. erst einen Strom von einer gewissen Stärke hinein, dann einen Strom von anderthalbfacher, doppelter, dreifacher u. s. w. Stärke, und bemerkt sich die durch ihn erfolgenden Ausschläge. Am einfachsten läßt sich ein solches Verfahren z. B. bei einem Multiplicator mit dünnem, sehr langem Drahte ausführen, wenn man den Strom einer constanten Kette durch eine mit Quecksilber gefüllte cylindrische Rinne leitet, und in diese Rinne die beiden Enddrähte des zu graduirenden Multiplicators in verschiedenen Entfernungen einsetzt. Es geht dann der electrische Strom zum Theil durch das Quecksilber der Rinne, zum Theil aber auch durch den Multiplicatordraht, und zwar wird der letztere Theil um so stärker, je weiter die beiden Drähte im Quecksilber von einander entfernt sind. Entfernt man die Drähte erst einen Zoll, dann anderthalb, dann zwei u. s. w., so erhält man im Multiplicator sehr nahe Ströme von einfacher, anderthalbfacher und doppelter Stärke.

Um dieser Unbequemlichkeit der Graduirung zu entgehen, gibt es verschiedene Wege: 1) Man kann anstatt der Magnetnadel Magnetstäbe, die mit einem Spiegel versehen sind, in einem Multiplicator aufhängen, und den Ausschlag des Magnetstabes an einer im Spiegel reflectirten Skale mit Hilfe eines Fernrohres (§. 341) ablesen. Da bei dieser Vorrichtung die Magnetstäbe nur sehr wenig aus ihrer ursprünglichen Lage abweichen, so kann man die auf der Skale beobachteten Ausschläge für proportional mit den Kräften nehmen.

Oder 2) man macht den Multiplicator sehr groß im Verhältnisse zur Magnetnadel, so daß die Länge der Nadel höchstens $1/_{12}$ des Durchmessers des Multiplicators beträgt; dann stehen die Ausschläge der Nadel in einem bekannten Verhältnisse zu der Stromstärke; letztere verhalten sich nämlich gerade so wie die trigonometrischen Tangenten der Ausschlagswinkel (Tangentenboussole).

Oder 3) man macht einen Multiplicator um die vertikale Linie durch den Aufhängungspunkt der Nadel als Axe drehbar. Dreht man nun wirklich bei einem Ausschlage der Magnetnadel den Multiplicator so weit herum, bis die aus der Richtung des Erdmagnetismus herausgetriebene Nadel in Beziehung auf den Multiplicator wieder völlig genau dieselbe Stellung einnimmt, welche sie vor dem Eintritte des electrischen Stromes hatte, so

ist die Stromstärke genau proportional mit dem Sinus des Winkels, um welchen der Multiplicator gedreht wurde. Es muß also eine Kreistheilung angebracht sein, auf welcher sich diese Drehung genau messen läßt (Sinusboussole).

§. 392. Wickelt man auf den Ring, welcher den Multiplicator bei der Tangentenboussole trägt, nicht einen Draht, sondern zwei gleiche, so hat man einen Differentialgalvanometer. Um nämlich zwei genau gleich starke Ströme zu erhalten, leitet man den einen Strom in beliebiger Richtung durch den einen Draht, den zweiten aber in gerade entgegengesetzter Richtung durch den zweiten, gleich viele Windungen machenden Draht des Multiplicators. Sind beide Ströme gleich stark, so müssen sich ihre Wirkungen in Beziehung auf die Magnetnadel des Multiplicators aufheben, und die Nadel wird ruhig auf dem Nullpunkte stehen bleiben, wenn die Ströme gleichzeitig durch die Drähte gehen; bleibt sie nicht ruhig, so ist dieß ein Beweis, daß der eine Strom, in dessen Sinne sie ausschlägt, noch zu stark ist (vergl. §. 374).

Mit Hülfe dieser Galvanometer oder electromagnetischen Multiplicatoren mißt man fast stets die Stärken der electrischen Ströme; durch sie erhält man mit Genauigkeit die Zahlen, welche man zur Berechnung der electrometrischen Kräfte und der Widerstände der verschiedenen Körper gebraucht. Man möge aber nicht glauben, daß jeder Multiplicator sich gleich gut zur Messung eines jeden beliebigen Stromes eignet. Im Allgemeinen gilt, wie sich aus dem Ohm'schen Gesetz sehr leicht herleiten läßt, die Regel, daß man bei einer Kette, welche schon viel Widerstand in sich enthält, am zweckmäßigsten einen Multiplicator aus einem langen, dünnen Drahte anwendet, um den stärksten Ausschlag zu erhalten, bei einer Kette dagegen, welche nur wenig Widerstand enthält, zur Erreichung des gleichen Zweckes einen Multiplicator aus nur kurzem, dickem Drahte.

Es könnte nach dem bisher Angeführten den Anschein haben, als ob nur ein electrischer Leitungsdraht auf die Nadel wirke, wenn er ober- oder unterhalb der Nadel liegt; man kann sich aber auch durch einen Versuch sehr leicht überzeugen, daß ein vertikal vor der Spitze der Magnetnadel ausgespannter Leitungsdraht ebenfalls die Nadel ablenkt; wenn der Strom von oben nach unten vor der Nordspitze der Nadel vorbei geht, geschieht in Uebereinstimmung mit der vorhin §. 389 ausgesprochenen Regel der Ausschlag so, daß die Nordspitze der Nadel nach Westen geht, umgekehrt aber nach Osten, wenn der Strom von unten nach oben geht. Geht der Strom vor der Südspitze der Nadel vorbei, so sind die Ausschläge gerade die umgekehrten.

§. 393. Der vorhin beschriebene Multiplicator verhält sich, wenn er von einem electrischen Strome durchströmt wird, gerade wie ein Magnet, der senkrecht auf der Magnetnadel steht, also mit der Axe des Multiplicators zusammenfällt. Seine Einwirkung auf die Magnetnadel kann sich daher bei ihrer Entfernung zur Seite hin, hinsichts der Richtung des Ausschlags, nicht ändern, wenn sie gleich mit der Entfernung an Stärke verliert. Man kann auch die Form eines Magnets durch einen solchen Multiplicator nachahmen; man wickelt nämlich den Draht als eine Spirale auf eine Glasröhre AB und CD, Fig. 223. Nähert man ein Ende einer dieser Spiralen einer Magnetnadel, so wird dieselbe gerade wie von einem Magnet angezogen oder abgestoßen. Man erhält die Richtung

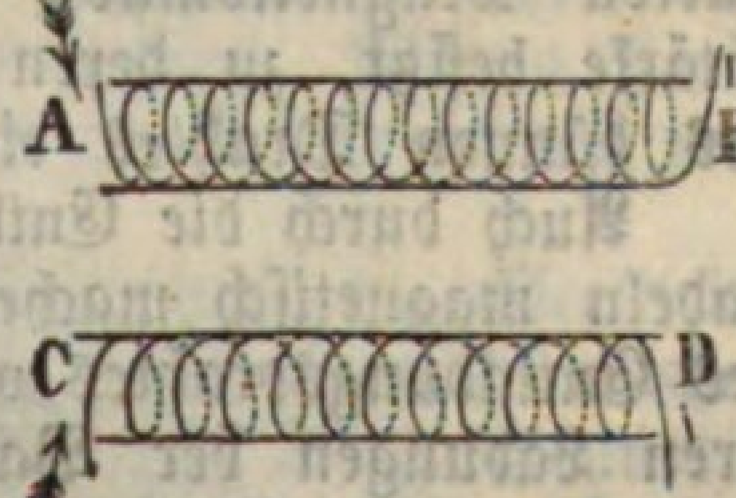


Fig. 223.

des Ausschlages sogleich, wenn man sich diese Spiralen als Multiplicator denkt; man braucht nur eine einzige Windung in Betracht zu ziehen, weil alle übrigen genau ebenso wirken. AB ist eine rechts und CD eine links gewundene Spirale; tritt der Strom bei A und C in die Spiralen, so stößt A und D den Südpol und B und C den Nordpol ab; beide Spiralen stellen also gewissermaßen zwei Magnete dar, welche bei A und D einen Südpol und bei B und C einen Nordpol besitzen.

In einem hohen Grade läßt sich die magnetische Wirkung dieser Spiralen verstärken, wenn man einen Eisen- oder Stahlstab in dieselben einlegt. Der Eisen- oder Stahlstab wird dann selbst magnetisch, und zwar auf die eben angegebene Weise, so daß in der Spirale AB bei A ein Süd- und bei B ein Nordpol, und in der Spirale CD bei C ein Nord- und bei D ein Südpol entsteht. Der Stahlstab behält auch nach dem Aufhören des electrischen Stromes seinen Magnetismus bei, und es ist das Hindurchziehen eines Stahlstabes durch eine solche electromagnetische Spirale das beste Mittel, um sich starke Magnetstäbe zu verschaffen. Hat man eine galvanische Kette von großer Oberfläche, die nur wenig Widerstand enthält, so wendet man am besten einen dicken, 30—40 Fuß langen, mit Seide übersponnenen Kupferdraht an, den man zu einem Ringe zusammenwindet; durch die Oeffnung dieses Ringes zieht man den zu magnetisirenden Stahlstab langsam hindurch.

Das weiche Eisen verliert dagegen seinen Magnetismus wieder, sobald man es dem Einflusse des electrischen Stromes entzieht. Da aber weiches Eisen sehr leicht Magnetismus aufnimmt, so bietet ein mit einer Spirale von Kupferdraht versehenes eisernes Hufeisen, Fig. 224, ein einfaches Mittel dar, um sich Magnete zu verschaffen, die mehrere Centner tragen; durch Verstärkung oder Schwächung des electrischen Stromes, durch Vermehrung oder Verminderung der Windungen der Spirale läßt sich die magnetische Kraft dieses Eisens beliebig abändern. Nach den Versuchen von Lenz und Jacobi wächst die Stärke des Magnetismus eines mit einem Spiraldrahte umgebenen weichen Eisenstabes proportional mit der Stärke der angewandten electrischen Ströme, mit der Anzahl der Windungen und (bei gleichen Längen) mit den Durchmessern der Eisenstäbe. Die Weite der Windungen ist gleichgültig, nur an den Endpunkten wirken enge Windungen etwas kräftiger als weite, deren Wirkungssphäre noch zur Seite über das Ende hinausragt; ebenso ist die Dicke des Spiraldrahtes von keinem Einflusse auf den Magnetismus des Stabes; ein dicker und dünner Spiraldraht von gleich viel Windungen erzeugt einen gleich starken Magnetismus, wenn nur der electrische Strom immer dieselbe Stärke besitzt, zu deren Erregung freilich wegen des Leitungswiderstandes des dünnen Drahtes eine größere Anzahl von Elementen erforderlich ist.

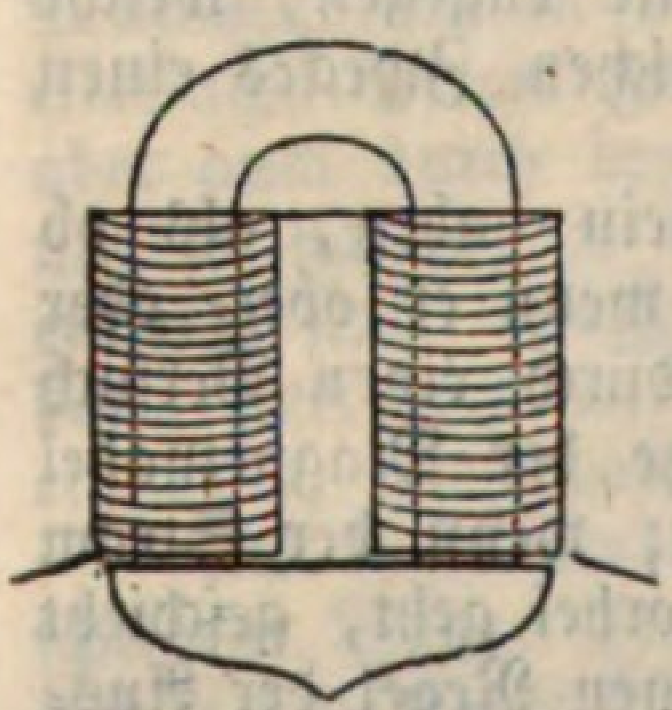


Fig. 224.

Auch durch die Entladung einer electrischen Batterie kann man Stahlnadeln magnetisch machen; man legt die Nadel senkrecht auf die Richtung des Entladungsdrahtes oder auch in eine der Spiralen, Fig. 223; bei stärkeren Ladungen der Batterie und bei dünnen, harten Stahlnadeln treten eigenthümliche Erscheinungen ein, indem bei gewissen Entladungen die Magnetisirung der Nadel gerade auf eine dem oben angegebenen Gesetze entgegengesetzte Weise erfolgt.

§. 394. Diese Eigenschaft des electrischen Stromes, weiche Eisenstäbe

zu Magneten zu machen, hat man auf zweierlei Weise technisch anzuwenden gesucht, einmal zu den electrischen Telegraphen und zweitens zum Betriebe von Maschinen. Die Einrichtung des electrischen Telegraphen ist gewöhnlich folgende. Man denke sich das Gehwerk einer gewöhnlichen Wanduhr, und an der Axe des sogenannten Steigrades einen Zeiger befestigt, der über einer Scheibe, auf welcher die Buchstaben des Alphabets oder sonst beliebige Zeichen im Kreise herum stehen, geht. Die Regulirung des Ganges der Uhr geschieht nun nicht durch ein gewöhnliches Pendel, sondern mittelst eines Electromagnets (weichen Hufeisens, das mit einer Spirale von Kupferdraht umgeben ist). Wenn nämlich durch den Draht des Electromagnets ein electrischer Strom geleitet wird, so wird das Eisen desselben magnetisch, und zieht einen vor ihm in einiger Entfernung liegenden, an der Pendelstange der Uhr befestigten eisernen Anker an, der nach dem Oeffnen der Kette wieder zurückfällt (weil das Eisen aufhört magnetisch zu sein), oder der durch eine schwache Feder zurückgezogen wird. Durch diese Bewegung der Pendelstange muß sich aber gerade so wie beim Schwingen des gewöhnlichen Pendels der Uhr der Zeiger des Steigrades, getrieben durch den Zug der Gewichte, um einen Buchstaben vorwärts bewegen. Befinden sich also auf zwei (vielleicht zwei Meilen weit von einander entfernten) Stationen zwei solche, einer Uhr ähnliche Vorrichtungen, deren Zeiger z. B. beide auf dem Buchstaben A stehen, und deren Spiraldrähte durch Kupferdrähte von der einen Station zur andern (ohne Unterbrechung und ohne sich zu berühren, gezogen) verbunden sind, so werden, wenn ein electrischer Strom plötzlich durch diese Drahtschließungen geleitet und wieder unterbrochen wird, beide Zeiger von dem Buchstaben A sich auf den Buchstaben B bewegen; eine neue Schließung und Oeffnung der Kette bewegt die Zeiger bis auf den Buchstaben C u. s. w. Um also ein Wort von der einen Station nach der andern zu schreiben, braucht man nur die Kette so oft schnell hinter einander zu schließen und zu öffnen, bis die Zeiger auf dem ersten Buchstaben des Wortes stehen; man hält dann einige Augenblicke inne, und beginnt auf's Neue die Kette zu schließen und zu öffnen, bis die Zeiger auf dem zweiten Buchstaben stehen, hält wieder einige Augenblicke inne, fährt wieder fort zu öffnen und zu schließen u. s. w. bis das Wort ganz geschrieben ist. Bei der ungemein großen Schnelligkeit des electrischen Stromes geschieht das Anziehen und Abfallen des Ankers auf beiden Stationen (so gut wie) gleichzeitig. Man bedarf übrigens nur eines einzigen Leitungsdrahtes von der einen Station zur andern, während der zweite Leitungsdraht sehr zweckmäßig durch die Erde ersetzt wird, die wegen ihrer großen Masse einen nur geringen Widerstand darbietet; man leitet deßhalb auf jeder Station das Ende des einen Drahtes in die Erde.

Nach den Versuchen von W h e a t s t o n e ist die Geschwindigkeit, mit welcher der Entladungsfunke einer Batterie einen Kupferdraht durchläuft, größer als 61,000 Meilen, also größer als die des Lichtes. W h e a t s t o n e bestimmte dieselbe auf eine sinnreiche Weise mittelst eines sehr schnell rotirenden Spiegels.

§. 395. Die Art und Weise, wie man versucht hat, die Electricität zum Betriebe der Maschinen zu benutzen, wird Fig. 225 deutlich machen. Fig. 225 I stellt die Vorrichtung von der Seite, Fig. 225 II im Grundrisse dar. ACB bedeutet einen vertikal stehenden Magnet, der in A einen Nordpol und in B einen Südpol besitzt. Ueber diesem findet sich ein Anker, DEF, von weichem Eisen, dessen Schenkel dieselbe Weite als die des Magnets haben; der Anker DEF ist bis auf seine Endflächen mit einer Spirale aus

übersponnenem Kupferdrahte umwunden; L und M sind die beiden Enden dieser Spiralen. Der Anker DEF steht ferner mit seiner Mitte E auf einer vertikalen Axe EG, welche unten bei G aufsteht und durch die hölzerne Büchse HI in ihrer vertikalen Stellung erhalten wird.

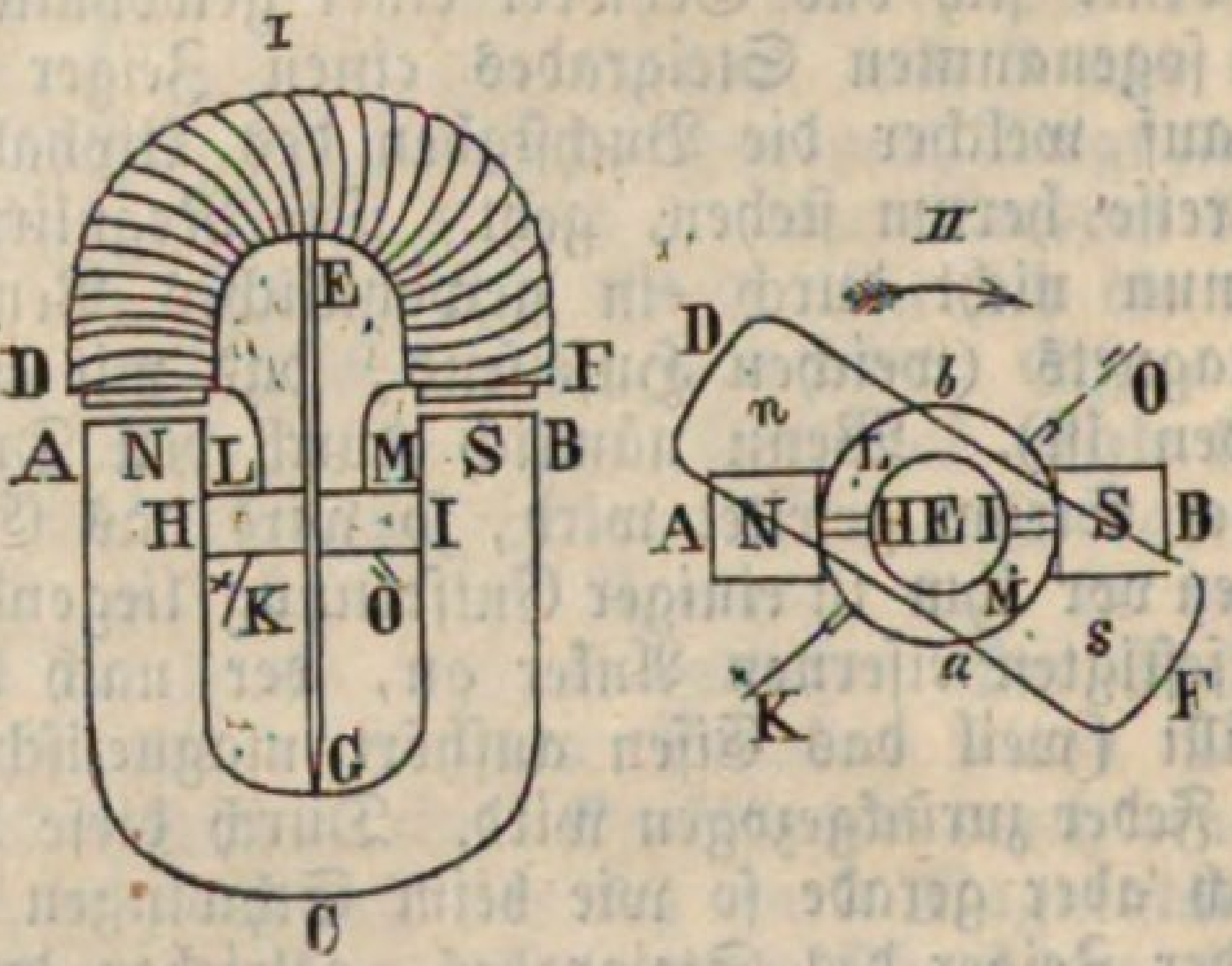


Fig. 225.

In dieser rechts noch besonders in der Ansicht von oben her gezeichneten Büchse HI ist eine concentrische Rinne ausgedreht, ab; die Rinne ist jedoch an zwei Stellen bei H und I durch kleine, schmale Scheidewände unterbrochen. Diese Scheidewände H und I sind gerade neben den beiden Magnetpolen A und B oder N und S. In diese Rinne wird reines Quecksilber gegossen, so daß es etwas über den Rand derselben erhaben ist (was sich ausführen läßt, weil das Quecksilber zum Holze keine Adhäsion besitzt, und also eine convexe Oberfläche annimmt). Es stellt dann die Rinne zwei geschiedene, halbkreisförmige, mit Quecksilber gefüllte Gefäße dar. Man biegt nun die beiden Drähte L und M so weit nieder, daß sie mit ihrer amalgamirten Spitze das Quecksilber berühren; dann taucht der eine Draht in das eine Gefäß, der zweite aber in das andere. Dreht man den Anker mit der Hand herum, so berühren die Drahtspitzen fortwährend die Quecksilberoberfläche, außer wenn sie über den Scheidewänden H und I stehen. Sie können aber ungehindert über diese Scheidewände hinweggehen, weil sie nur bis zu der höher stehenden Quecksilberoberfläche herabgebogen sind. In jedes Gefäß endigt ferner von unten her noch ein Draht K und O.

Leitet man nun mittelst des Drahtes K in das Gefäß a den positiven Strom, so geht er durch den als Punkt angedeuteten Draht M in den spiralförmigen Kupferdraht, und tritt durch das gleichfalls als Punkt angedeutete Ende L wieder heraus in das Gefäß b und den Draht O. Der Anker DEF wird durch den ihn im Drahte umfließenden Strom ein Magnet; möge das Ende D einen Nordpol n, das Ende F einen Südpol s erhalten. Nach dem Gesetze, daß gleichnamige Magnetpole sich gegenseitig abstoßen und ungleichnamige sich anziehen, wird der Pol N den Pol n, der Pol S den Pol s abstoßen, der Pol N den Pol s, und der Pol S den Pol n anziehen, und der Anker beginnt in der Richtung des gezeichneten Pfeiles, also rechtsum sich zu drehen. Hat der Anker sich so weit gedreht, daß der Draht L über der Scheidewand I und der Draht M über der Scheidewand H steht, so hört die Anziehung auf, weil der Pol n gerade über dem Pole S und der Pol s gerade über dem Pole N steht; zugleich ist aber auch der electrische Strom unterbrochen, weil die Drähte in dieser Stellung nicht in das Quecksilber tauchen. In Folge der erlangten Geschwindigkeit geht aber der Anker etwas weiter über die Scheidewände hinweg, so daß das Ende D dahin zu stehen kommt, wo in der Zeichnung F steht, und umgekehrt; zugleich tauchen aber die beiden Drähte wieder in das Quecksilber, nur jeder in das andere Quecksilbergefäß, wodurch natürlich in dem Anker gerade die umgekehrten Pole entstehen. Das an der Stelle von F befindliche

Ende D wird ein Südpol, das an der Stelle von D (in der Zeichnung) befindliche Ende F wird ein Nordpol. Man sieht, daß die Pole im Anker genau wieder so liegen, wie vorhin; der Anker wird also fortfahren, sich rechts zu drehen u. s. w. — Bringt man nun an der Axe E G ein gezähntes Rad an, so kann man die Bewegung dieses Rades auf ein anderes mit ihm in Eingriff befindliches übertragen. — Soll der Anker sich nicht rechtsum drehen, sondern linksum, so muß man den positiven Strom in O hereinleiten; man braucht also nur die beiden Drähte K und O mit den Gefäßen E und F des Fig. 220 gezeichneten Commutators zu verbinden, so genügt die einfache Umlegung des Commutators, um die Bewegung des Ankers rechts- oder linksum hervorzurufen; steht der Commutator horizontal, so daß seine Drähte in keines der Näpfchen tauchen, so hört alle Bewegung des Ankers auf, weil der Strom unterbrochen ist.

§. 396. In dem Frühern wurde nachgewiesen, daß zwischen einem electrischen Leitungsdrahte und den beiden Magnetpolen theils Anziehungen, theils Abstoßungen, je nach der verschiedenen Lage und Richtung des electrischen Stromes stattfinden. In dem, §. 389 angegebenen Versuche war der Magnet beweglich und der Leitungsdraht fest gewesen; man kann aber natürlich die Sache auch umkehren, und den Leitungsdraht beweglich machen, während der Magnet fest liegt. Dann wird in Folge der gegenseitigen electromagnetischen Anziehungen und Abstoßungen der Leitungsdraht (wenn er hinlänglich beweglich ist) sich in der That bewegen, und natürlich gerade in der entgegengesetzten Richtung, als früher der Magnet. Man nehme ein sehr leichtes Rad von dünnem Kupferbleche CA, Fig. 226, und hänge es mit seiner ebenfalls kupfernen, in zwei stumpfe Kegel auslaufenden Axe in den kupfernen Bügel CG auf. Das untere Brettchen hat eine Aushöhlung HI, welche man mit Quecksilber füllt; zu diesem Quecksilber geht hinein der Draht KL. Man stellt das Rädchen CA so, daß es so eben mit seinen amalgamirten Spitzen die Oberfläche des Quecksilbers berührt (ein tieferes Eintauchen gibt zu viel Reibung). Leitet man nun einen electrischen Strom zu G hinein, so geht er in der Richtung GCMKL. Das Rädchen wird sich jedoch noch nicht bewegen. Sobald man aber einen Hufeisenmagnet so auf das Brettchen legt, daß er mit seinen beiden Polen das Rädchen umfaßt, daß also auf der einen Seite des Rades der Nordpol, und auf der andern der Südpol liegt, so wird das Rädchen augenblicklich anfangen sich zu drehen und sich unausgesetzt fortdrehen, weil an die Stelle eines aus dem Quecksilber austretenden Zahnes sogleich wieder ein neuer eintritt. Die Richtung, nach welcher die Drehung geschieht, hängt ab von der Richtung des electrischen Stromes und von der Lage der beiden Magnetpole. Kehrt man die Richtung des electrischen Stromes oder die Lage des Magnets um, so verwandelt sich die Drehung des Rades gerade in die entgegengesetzte. In welcher Richtung die Drehung erfolgt, ergibt sich, wenn man sich in den Draht auf die früher, §. 388, angegebene Weise hineingelegt denkt, und die Bewegung des Magnets bestimmt, wenn er beweglich wäre; der Leitungsdraht (die einzelnen Radien des Rades, welche in der Richtung CM liegen) erhält dann die entgegengesetzte Bewegung.

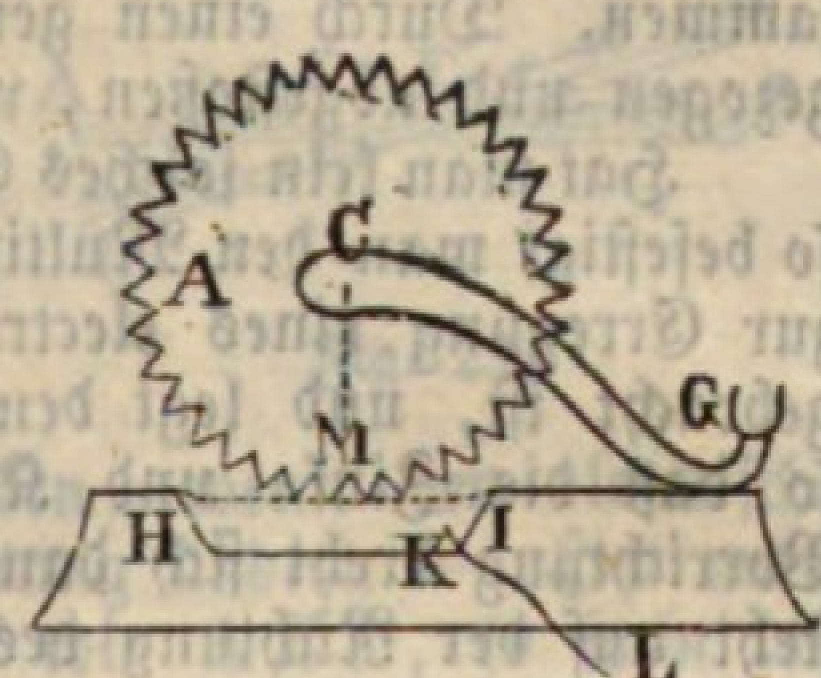


Fig. 226.

§. 397. Da die Erde ein Magnet ist, so kann sie ebenfalls die

Bewegung electrischer Leitungsdrähte veranlassen. Hängt man einen Multiplicator (seine Form ist gleichgültig, er kann einen Kreis oder ein Viereck bilden) sehr leicht beweglich auf, so wird er von einem angenäherten Magnetpole auf der einen Seite angezogen, auf der andern abgestoßen; dasselbe geschieht nun auch durch den Magnetismus der Erde. Bedeutet z. B. AB, Fig. 227, einen kreisförmigen Leitungsdraht, der mit seinen beiden Enden (Spitzen) in die Quecksilbernäpfchen C und D eintaucht, und wird durch denselben mittelst der beiden auf einem Brette befestigten Drähte DGH und CEF ein electrischer Strom geleitet, so stellt sich der kreisförmige Leiter mit seiner Fläche stets senkrecht auf die Richtung einer Magnetnadel, und zwar ist er nur dann im stabilen Gleichgewichte, wenn der Strom in ihm eine solche Richtung hat, daß er in der untern Hälfte des Kreises von Osten nach Westen geht, also in der Richtung des Pfeiles, wofern rechts Westen und links Osten ist. Entfernt man den Draht aus dieser Stellung, so kehrt er stets wieder in dieselbe zurück. — Hängt man eine der Spiralen, Fig. 392, an diesem Stativ auf gleiche Weise wie diesen Kreis AB auf, so wird dieselbe sich ebenso stellen, wie der letztere; ihre einzelnen Windungen gleichen sämmtlich dem oben betrachteten kreisförmigen Leiter AB, sie werden sich ebenfalls senkrecht auf die Richtung einer Magnetnadel stellen, oder was dasselbe heißt, die Axe dieser Spirale fällt genau mit der Richtung einer Magnetnadel zusammen. Durch einen genäherten Magneten wird diese Spirale ebenso angezogen und abgestoßen, wie eine frei schwebende Magnetnadel.

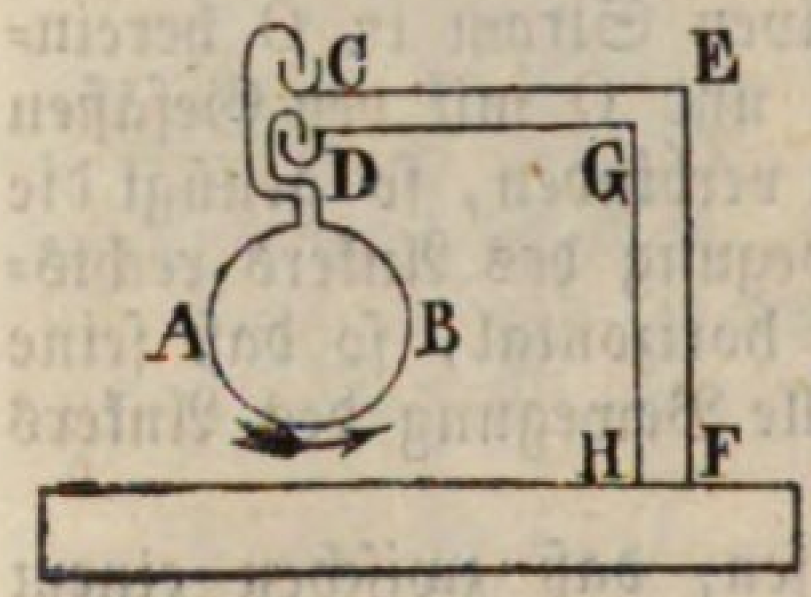


Fig. 227.

Hat man kein solches Stativ, wie es vorhin beschrieben wurde, zur Hand, so befestigt man den Multiplicator auf einem Stücke Kork, an welchem unten zur Erregung eines electrischen Stromes eine Zink- und Kupferplatte angebracht ist, und legt den Kork auf mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser, so daß die Zink- und Kupferplatte sich in letzterm befinden. Die ganze Vorrichtung dreht sich dann so, daß die Ebene des Multiplicators senkrecht steht auf der Richtung des magnetischen Meridians.

§. 398. Bald nach der Entdeckung der Einwirkung eines electrischen Drahtes auf eine Magnetnadel, entdeckte Ampère, daß auch ein electrischer Leitungsdraht auf einen andern eine Anziehung oder Abstoßung ausübt. Das ganz einfache Gesetz dieser gegenseitigen Einwirkungen heißt: Zwei parallele Drähte ziehen sich gegenseitig an, wenn die in ihnen sich bewegenden electrischen Ströme eine gleiche Richtung, stoßen sich aber gegenseitig ab, wenn die in ihnen sich bewegenden Ströme eine entgegengesetzte Richtung haben. Man kann sich von seiner Richtigkeit durch folgenden Versuch überzeugen. Auf dem Brette NO, Fig. 228, sind zwei starke Metalldrähte ABCD und EFGH befestigt, und in die an ihrem Ende befindlichen Quecksilbernäpfchen D und H tauchen die Enden des in Form eines Parallelogramms gebogenen Leitungsdrahtes DIKLMH. Da die oberen Enden dieses Leiters gekreuzt sind, so geht der positive Strom, wenn er zu E hineingeleitet wird, in der Richtung EFGHMLKIDCBA; in den beiden nahe an einander befindlichen parallelen Drähten EF und IK bewegt sich also der electrische Strom

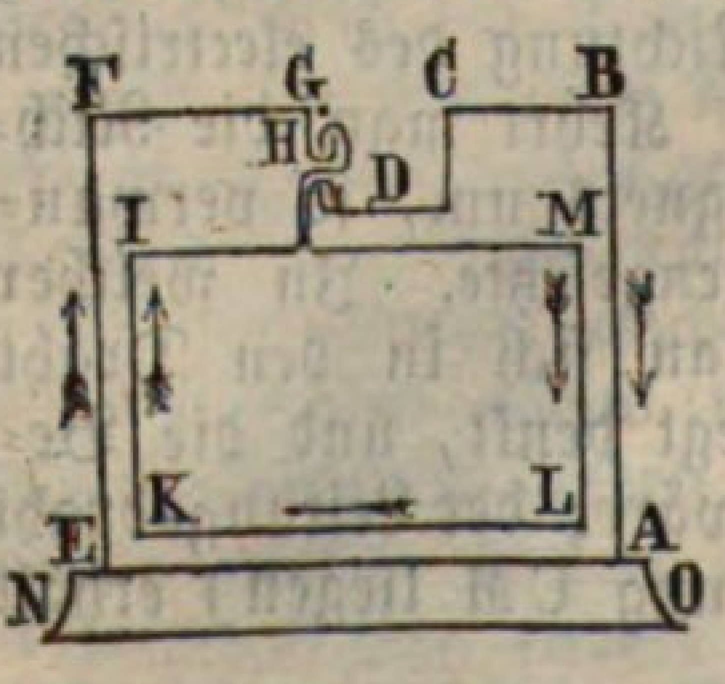


Fig. 228.

in derselben Richtung (von unten nach oben), und eben so in den beiden parallelen Drähten M L und B A (von oben nach unten). Entfernt man den parallelogrammförmigen Leiter I K L M aus der Ebene der beiden Drähte, so kehrt er, wenn er von einem electrischen Strome durchflossen wird, stets wieder in dieselbe zurück, weil die Drähte E F und L M, und ebenso I K und B A sich gegenseitig anziehen. — Wendet man einen zweiten dem vorigen in Beziehung auf die Seiten gleichen Leiter I′ K′ L′ M′, Fig. 229, an, dessen Enden oben nicht gekreuzt sind, so erhält nach seiner Aufhängung in den Näpfchen H und D, Fig. 228, der electrische Strom die Richtung E F G H I′ K′ L′ M′ D C B A; in den beiden Drähten E F und I′ K′ hat also der electrische Strom die entgegengesetzte Richtung, und eben so in den Drähten L′ M′ und B A. Entfernt man diesen Leiter I′ K′ L′ M′ etwas aus der Ebene der beiden Drähte A B und F E, so stoßen die letzteren die zunächst gelegenen Drähte des Leiters L′ M′ und I′ K′ ab.

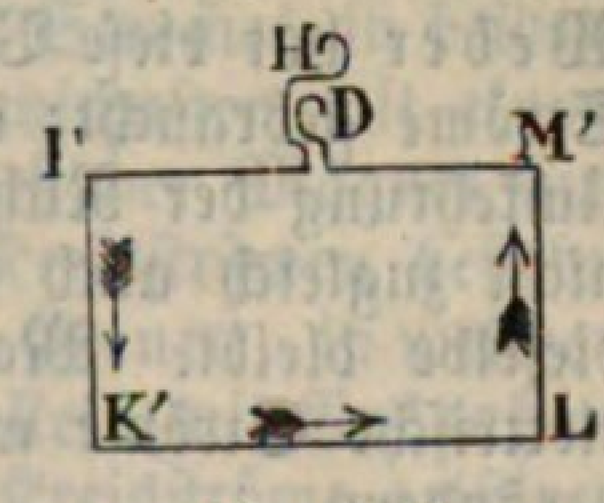


Fig. 229.

Sind die beiden Leitungsdrähte nicht parallel, sondern bilden sie mit einander einen Winkel, so suchen sie sich so parallel zu stellen, daß die Ströme sich nach derselben Richtung bewegen; das Gesetz über Anziehung und Abstoßung derselben läßt sich in diesem Falle folgendermaßen ausdrücken: Zwei einen Winkel mit einander bildende Leitungsdrähte, in welchen die electrischen Ströme sich beide nach dem Kreuzungspunkte hin bewegen, oder beide von ihm entfernen, ziehen sich an, während Abstoßung zwischen ihnen stattfindet, wenn der eine Strom sich zu dem Kreuzungspunkte hin bewegt, der andere aber von ihm weg geht. So ziehen sich die Drahtstücke A E und C E, Fig. 230, und ebenso E D und E B an, während sich A F und E D abstoßen. — Wenn die Drähte sich nicht treffen, so sind für den Kreuzungspunkt diejenigen Punkte zu nehmen, an welchen die beiden Drähte am wenigsten von einander entfernt sind. Zu beachten ist, daß die Abstoßungen und Anziehungen ungeändert bleiben, wenn der electrische Strom in beiden Drähten gleichzeitig seine Richtung ändert. — Hat man einen einzigen Draht, der einen Winkel bildet, wie A E D, so sucht die Abstoßung zwischen beiden Schenkeln den Draht in eine gerade Linie zu biegen. Auch stoßen sich die verschiedenen Theile eines und desselben gradlinigen Stromes ab.



Fig. 230.

§. 399. Um die Anziehungen und Abstoßungen der electrischen Leiter stärker hervortreten zu lassen, kann man sich anstatt eines einzigen Leiters zweier ringförmig gewundener Multiplicatoren bedienen, von welchen der eine beweglich und zugleich so aufgehangen wird, daß der electrische Strom in ihn ein- und wieder austreten kann. Weber hat dieß so ausgeführt, daß er den einen ringförmigen Multiplicator an zwei nahe bei einander befindlichen, aber sich nicht berührenden dünnen Drähten, von welchen jeder mit dem einen Ende des Multiplicators in Verbindung steht, aufgehängt hat; der eine Draht dient dann zur Zuleitung und der andere zur Ableitung eines electrischen Stromes. Stellt man nun innerhalb dieses ringförmigen Multiplicators (oder auch außerhalb) einen zweiten festen Multiplicator so auf, daß die Axe des einen Multiplicatorringes senkrecht auf der Axe des andern Multiplicatorringes steht, so wird bei der Hindurchleitung eines electrischen Stromes durch beide eine Anziehung und Abstoßung eintreten, welche die Axe des beweglichen Multiplicators der Axe des festen parallel zu stellen

sucht, so daß dann in dieser parallelen Stellung die Ströme in beiden Multiplicatoren dieselbe Richtung haben würden. Man übersieht leicht die ganze Erscheinung, wenn man erwägt, daß jeder dieser beiden Multiplicatoren mit einem Magnet verglichen werden kann, der in seiner Axe liegt; die beiden Multiplicatoren verhalten sich also genau wie ein fester und ein über dessen Mitte beweglicher Magnet, deren Axen auf einander senkrecht stehen. Weber hat diese Vorrichtung (Electrodynamometer) zur Messung electrischer Ströme gebraucht; es hat dieses Instrument den Vortheil, daß sich mit der Umkehrung der Richtung des electrischen Stromes in beiden Multiplicatoren nicht zugleich auch die Richtung des Ausschlags umkehrt, sondern vielmehr dieselbe bleibt. Man kann mit Hilfe dieses Instruments also auch solche electrische Ströme wahrnehmen, welche in jedem Augenblicke ihre Richtung verändern.

§. 400. Zu Folge des vorhin angegebenen Gesetzes ziehen sich zwei einen Winkel bildende Leitungsdrähte an, wenn der electrische Strom sich in beiden der Winkelspitze nähert oder entfernt, stoßen sich aber ab, wenn er sich in dem einen der Winkelspitze nähert, während er sich im andern von ihr entfernt. Dieses Gesetz wird also auch den Erfolg nachweisen, der statt haben muß, wenn der begrenzte Leiter A B senkrecht auf dem andern, unbegrenzten C D steht; gesetzt, es gehe in A B der Strom in der Richtung von A nach B, und in D C von D nach C, so ziehen sich A B und D B an, weil in beiden Drähten der Strom nach der Winkelspitze B gerichtet ist, während sich A B und C B abstoßen. In Folge beider Einwirkungen erhält der Draht A B, wenn er parallel mit sich beweglich ist, wirklich eine Bewegung nach rechts hin, geht also, wenn man sich so ausdrücken will, auf dem electrischen Strome D C rückwärts. Ist A B fest und D C beweglich, so muß sich natürlich D C nach links hin schieben.

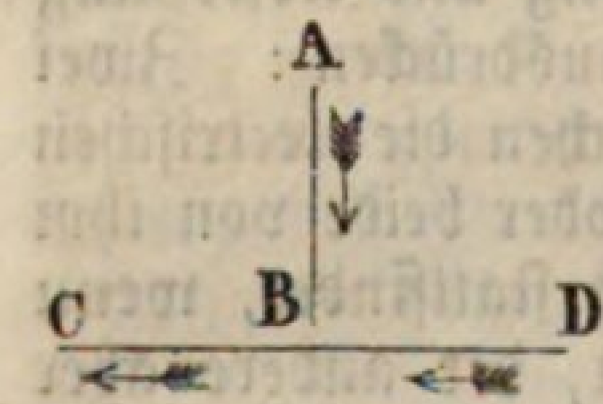


Fig. 231.

Am besten läßt sich der Versuch so anstellen, daß man dem Leiter D C eine kreisförmige Form gibt, und den Leiter A B um eine vertikale Axe, die in der Mitte des kreisförmigen Leiters D C steht, drehbar macht; zugleich wird man, um die Wirkung zu verstärken, anstatt eines kreisförmigen Drahtes D C einen ringförmigen Multiplicator anwenden. Es bedeute A B C D, Fig. 232 und Fig. 233, ein kupfernes Gefäß, das in der Mitte C D durchbrochen ist, so daß ein vertikaler Stab E, der in der Fig. 232 gezeichneten Ansicht von oben nur als kleiner Kreis erscheint, in der Mitte von unten sich einführen läßt. Das Gefäß wird mit angesäuertem Wasser gefüllt, und in das auf dem Stabe E befindliche Quecksilbernäpfchen ein Draht mit einer Spitze F so eingesetzt, daß er mit zwei herabragenden Spitzen, G und H, in das angesäuerte Wasser eintaucht. Umgibt man nun das Kupfergefäß mit einem Multiplicator I K, der aus sehr dickem, mit Seide übersponnenem Kupferdrahte gebildet ist, und läßt durch ihn und durch die Drähte G F und F H den electrischen Strom eines Elementes von recht großer Oberfläche gehen, so rotirt der Draht G F H über dem Multiplicator. Leitet man den Strom durch den Stab E in den Draht, so daß er in der



Fig. 232.

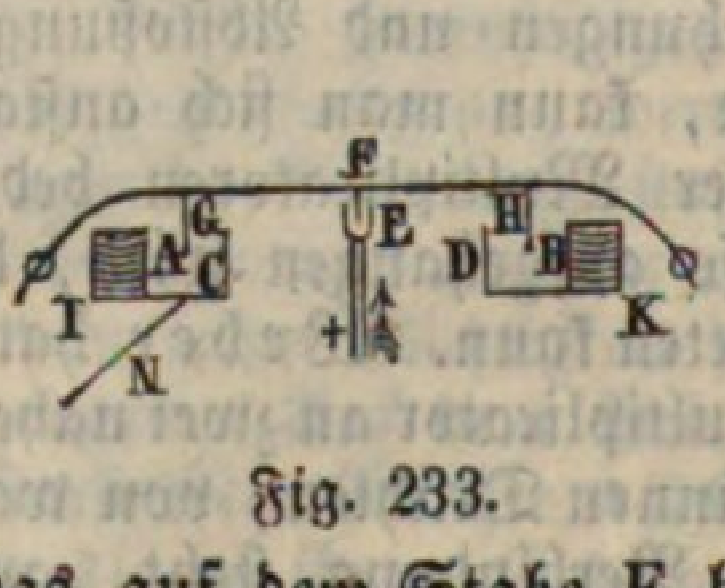


Fig. 233.

Richtung F G und F H gegen den kreisförmigen Strom des Multiplicators hingeht und durch N aus dem Kupfergefäße wieder austritt, so wird die Umdrehung des Drahtes G F H, wenn der Strom im Multiplicator linksum in der Richtung des gezeichneten Pfeiles geht, rechtsum geschehen. Durch die Aenderung der Richtung des Stromes in dem Multiplicator oder in dem Drahte ändert sich die Drehung des letztern in die entgegengesetzte um; bleibt aber ungeändert durch gleichzeitige Umkehrung des Stromes in beiden.

§. 401. Da eine Kupferspirale ganz analoge Eigenschaften mit einem Magnete zeigt, so stellt Ampère die Theorie auf, daß der Magnet aus einer unendlich großen Anzahl von kleinen electrischen Kreisströmen besteht, welche jedes einzelne Atom des Magnets umfließen; alle Ebenen, in welchen diese kleinen Kreisströme liegen, sind mit einander parallel (mit Ausnahme der in der Nähe der Enden liegenden). Diese kleinen Kreisströme existiren in jedem Stahle und Eisen, nur liegen ihre Ebenen in allen möglichen Richtungen. Die Magnetisirung des Eisens oder Stahles besteht dann nur in einer Parallelstellung aller dieser kleinen Kreisströme. In welcher Richtung sie sich bewegen müssen, um rechts den Nord- oder Südpol zu erzeugen, ergibt sich sogleich aus §. 393 und aus der Betrachtung der Fig. 223, welche annähernd solche Kreisströme darstellen.

Da nach der Ampère'schen Theorie ein Magnet ein System von electrischen Kreisströmen darstellt, so wird man überall in den Versuchen Eines durch das Andere ersetzen können. Man kann also auch die Erde ansehen, als umflossen von electrischen Strömen, deren Ebenen senkrecht auf der Richtung der Magnetnadel stehen, und welche in der Richtung von Osten nach Westen fließen.

Ersetzt man in dem vorhin beschriebenen Versuche (§. 400) die kreisförmigen electrischen Ströme durch einen Magnetpol, dessen Ströme dieselbe Richtung mit denselben haben, so wird ein über dem Magnetpole beweglich aufgehangener Leitungsdraht sich in gleichem Sinne um den Pol herum bewegen. Der einfachste Apparat für diesen Versuch ist folgender: A B, Fig. 234, ist ein kleiner Glascylinder, der unten mittelst eines Korkes verschlossen ist, durch welchen ein Stückchen weiches Eisen, C D, hindurchgeht. Von E bis F ist der Cylinder mit reinem Quecksilber gefüllt, und durch den obern Kork bei A geht ein Platindraht, G H, der sich bei H in ein kleines Oehr endigt, in welches durch ein gleiches Oehr ein anderer Platindraht, H I, eingehangen ist, der mit seinem untern Ende I so eben das Quecksilber berührt. Setzt man das Eisenstäbchen C D auf den Pol eines starken Magnets, so wird es selbst magnetisch; leitet man ferner durch G einen electrischen Strom ein und durch K wieder aus, so bewegt sich der Draht H I rechtsum oder linksum, je nachdem das Ende C des Eisenstäbchens ein Nordpol oder Südpol ist. Durch Unterlegen der verschiedenen Pole unter D läßt sich die Drehung leicht umändern; eben so aber auch durch Umkehrung der Richtung des electrischen Stromes. Warum die Bewegung in der angegebenen Weise erfolgt, ergibt sich sogleich aus dem Frühern, wenn man den Magnet sich durch electrische Kreisströme ersetzt denkt. — Da die Erde ein Magnet ist, so muß auch in dem §. 400 beschriebenen Apparat der Draht G F sich ohne einen electrischen Kreisstrom, K I, durch den bloßen Einfluß des Erdmagnetismus drehen, sobald er nur hinlänglich leicht beweglich ist.

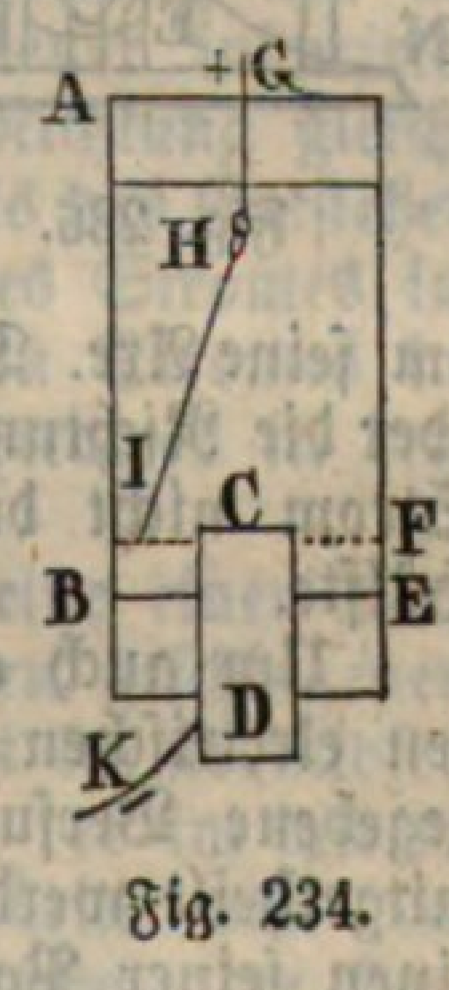


Fig. 234.

§. 402. Da die Einwirkung zwischen dem Leitungsdrahte HI, Fig. 234, und dem Magnet CD gegenseitig ist, so muß, wenn der Leitungsdraht fest und der Magnet beweglich ist, sich der letztere auch um den Leitungsdraht herum bewegen, nur natürlich gerade in der entgegengesetzten Richtung, als der Leitungsdraht um den Magnet (§. 396). Faraday erzeugte diese Bewegung des Magnets auf folgende Weise. In dem Gefäße ABL, Fig. 235, befindet sich Quecksilber bis zur Höhe GH; von oben her geht der Leitungsdraht KI und von unten der Leitungsdraht DC (durch den Fuß und Boden des Gefäßes) in das Quecksilber. FE ist ein Magnet, der, weil er leichter als Quecksilber ist, in dem letztern schwimmt und mit seinem Pole F außerhalb des Quecksilbers steht, während er mit seinem andern Ende E mittelst eines Fadens, EC, an dem Ende des Drahtes C befestigt ist. Sobald durch die beiden Zuleitungsdrähte ein electrischer Strom durch das Quecksilber geht, beginnt der Magnetpol F um den Leitungsdraht KI zu rotiren. Die Bewegung muß natürlich eine andere sein, je nachdem der obere frei bewegliche Pol des Magnets ein Nordpol oder ein Südpol ist, und der electrische Strom die Richtung von unten nach oben, oder von oben nach unten hat.



Fig. 235.

Ampère ist dann auch zuerst der Versuch gelungen, einen Magnet um seine eigene Axe rotiren zu lassen. Es sei AB, Fig. 236, ein Magnet, der mit seinen beiden zugespitzten Enden unten und oben lose gehalten wird und sehr leicht in Umdrehung gesetzt werden kann. Sein unteres Ende B berührt zugleich das Quecksilber in dem Gefäße EF, während in der Mitte ein kurzer Draht D angebracht ist, der mit seinen Enden in das ringförmige Quecksilbergefäß GH so eben eintaucht, und auch eingetaucht bleibt, wenn der Magnet sich um seine Axe dreht; letzterer muß also genau vertikal stehen. Leitet man nun mittelst der beiden Zuleitungsdrähte M und N einen electrischen Strom durch die untere Hälfte des Magnets, so rotirt derselbe mit großer Geschwindigkeit um seine Axe. Die Drehung wird die umgekehrte, wenn man den untern Pol oder die Richtung des electrischen Stromes umkehrt; daher darf der electrische Strom nicht durch den ganzen Magnet gehen, sondern nur durch die eine Hälfte.

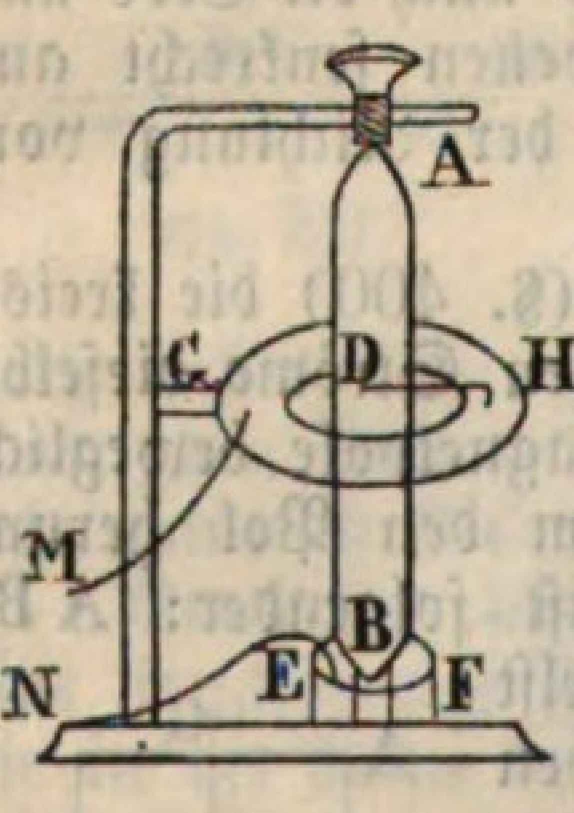


Fig. 236.

Um auch einen Beweis für die Bewegung eines flüssigen Leiters durch den electrischen Strom anzuführen, möge folgender von Schweigger angegebene Versuch, der zu seiner Anstellung nur geringer Mittel bedarf, mitgetheilt werden. Man lege einen Magnet auf den Tisch und stelle auf einen seiner Pole ein flaches Uhrglas oder eine flache Porzellanschale, gieße in dieses Gefäß ein wenig verdünnte Salpetersäure und tauche einen Platin- und Zinkdraht mit ihrem einen Ende in diese Säure, während die beiden anderen Enden zusammengedreht sind. Der dadurch entstehende electrische Strom geht durch den flüssigen Leiter in der Richtung vom Zinke zum Platin, und die auf diese Weise electrische Flüssigkeit beginnt durch die Einwirkung des unten liegenden Magnetes sich um den einen Draht rechts, und um den andern linksum zu drehen. Liegt ein Nordpol unten, so geschieht die Drehung um den Platindraht linksum und um den Zinkdraht

rechtsum. Umgekehrt wird die Drehung, wenn ein Südpol unten liegt, oder ein Nordpol über das Gefäß gehalten wird.

Auch der electrische Lichtbogen, welcher zwischen zwei Kohlenspitzen (§. 486) entsteht, wird von einem Magnet wie ein anderer electrischer Leiter angezogen.

§. 403. Die früher betrachteten gegenseitigen Einwirkungen der Leitungsdrähte bestanden in Bewegungen der Leitungsdrähte selbst; es sind aber diese Bewegungen nicht eine Folge der Einwirkung eines electrischen Stroms auf die Masse des andern Leiters, sondern vielmehr eine Folge der gegenseitigen Einwirkung der in beiden Leitern fließenden electrischen Ströme, welche sich gegenseitig anziehen oder abstoßen, und nur den Leiter bewegen entweder deßhalb, weil sie ohne ihn in der Richtung der Anziehung oder Abstoßung nicht beweglich sind, oder weil sie, wenn sie auch in dieser Richtung beweglich sind, doch bei ihrem Durchgange durch den Leiter einen gewissen Widerstand finden, und in Folge dessen ihre Bewegung dem Leiter mittheilen.

Es gibt nun aber auch noch eine andere Classe von Erscheinungen, welche es allein mit der gegenseitigen Einwirkung der electrischen Flüssigkeiten zu thun hat; sie wurden 1832 von Faraday entdeckt und führen den Namen der Inductionserscheinungen. Aus ihnen ergibt sich nämlich, daß, wenn zwei Leiter einander nahe sind, von welchen der eine einen electrischen Strom führt, während der andere einen geschlossenen Kreis ohne Strom bildet, jede Veränderung in Beziehung auf die Lage der beiden Leiter oder in Beziehung auf die Stärke des electrischen Stromes einen electrischen (sogenannten inducirten) Strom in dem vorher stromlosen Leiter erzeugt. Wenn nämlich in einem Leiter ein electrischer Strom entweder neu entsteht oder auch nur in seiner Stärke plötzlich zunimmt, so entsteht in einem zweiten neben ihm befindlichen Leiter ein inducirter momentaner electrischer Strom, welcher dem ursprünglichen in seiner Richtung entgegengesetzt ist; wenn aber der ursprüngliche Strom aufhört oder auch nur an Stärke abnimmt, so entsteht in dem zweiten Leiter ein neuer inducirter momentaner Strom, welcher dem ursprünglichen in seiner Richtung gleichlaufend ist; beide inducirten Ströme dauern nur so lange als das Entstehen (oder Wachsen) und das Abnehmen (oder Verschwinden) des Stromes im andern Drahte währt; sobald der Zustand des ursprünglichen Stromes im andern Drahte stationär geworden ist, ist jede Spur eines Stromes in dem zweiten Drahte verschwunden.

Wenn man ferner von zwei Leitern, von welchen der eine einen electrischen Strom führt, der andere aber stromlos ist und einen geschlossenen Kreis bildet, den einen Leiter dem andern nähert, so entsteht im stromlosen Leiter ein Strom, der eine entgegengesetzte Richtung hat, als der im andern Drahte fließende Strom; entfernt man dagegen den einen Leiter von dem andern, so entsteht im stromlosen Leiter ein electrischer Strom, der dem Strome im andern Drahte gleichlaufend ist. Es ist gleichgültig, welchen der beiden Leiter, den stromlosen oder den stromführenden, man bewegt; die durch diese Annäherung und Entfernung inducirten electrischen Ströme haben aber auch nur so lange Dauer, als die Annäherung oder Entfernung dauert; sobald beide Leiter ruhig liegen, ist jede Spur eines Stromes in dem zweiten (stromlosen) Leiter verschwunden. Mit Hülfe der eben ausführlich angegebenen Gesetze lassen sich alle durch die Induction erzeugten Erscheinungen erklären.

Solche Inductionsströme entstehen auch in einem stromlosen, geschlossenen Leiter, wenn neben ihm in einem senkrecht auf seiner Richtung liegenden Eisenstabe plötzlich Magnetismus entsteht oder verschwindet, und eben so, wenn ein Magnet einem solchen stromlosen, geschlossenen Leiter genähert oder von ihm wieder entfernt wird. Da aber ein Magnet nach der Ampère'schen Theorie durch electrische Kreisströme ersetzt werden kann, so bedürfen die eben erwähnten, durch den Magnetismus erzeugten Inductionsströme keines neuen Gesetzes; man denke sich nur den Magnet durch jene electrische Ströme ersetzt, und untersuche die Wirkung derselben auf den in ihrer Nähe befindlichen Leiter.

Diejenigen Inductionsströme, bei welchen eine Bewegung eines der beiden Leiter stattfindet, lassen sich auf eine einfache Weise auf die früher beschriebenen electromagnetischen Erscheinungen zurückführen. Lenz stellt nämlich das Gesetz auf: Wenn sich ein metallischer Leiter in der Nähe eines galvanischen Stromes oder eines Magnets bewegt, so wird in ihm ein galvanischer Strom erregt, der eine solche Richtung hat, daß er in dem ruhenden Drahte eine Bewegung hervorgebracht hätte, welche der hier dem Drahte gegebenen entgegengesetzt wäre, vorausgesetzt, daß der ruhende Draht nur in der Richtung der Bewegung und entgegengesetzt beweglich wäre. Dieses Gesetz wird nachher dienen, um eine Reihe von Inductionserscheinungen ohne Weitläufigkeiten zu behandeln.

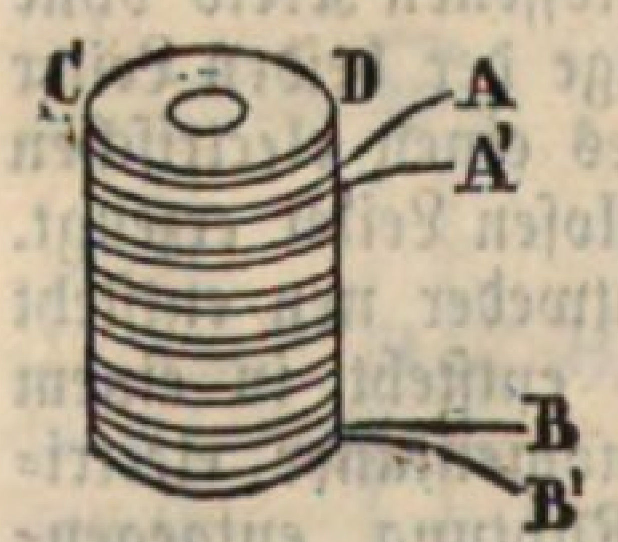


Fig. 237.

§. 404. Es bedeute CDEF, Fig. 237, eine Holzrolle, um welche zwei mit Seide übersponnene Kupferdrähte neben einander in sehr zahlreichen Windungen aufgewunden sind, so daß die Enden des einen Drahtes A und B, die des andern aber A' und B' sind. Verbindet man nun die beiden Enden A' und B' mit den beiden Enddrähten des Multiplicators eines Galvanometers (§. 390), so entsteht, wenn durch den ersten Draht AB ein electrischer Strom geleitet wird, im Augenblicke der Entstehung dieses Stromes in dem zweiten Drahte A'B' ein momentaner Inductionsstrom; die Nadel des Multiplicators schlägt heftig aus, kehrt aber auch gleich wieder in ihre frühere Lage zurück. Der erzeugte Inductionsstrom geht, wie man sich durch den Ausschlag der Magnetnadel des Multiplicators überzeugt, gerade umgekehrt als der in AB erzeugte Strom. Unterbricht man den Strom in AB, so schlägt die Nadel des mit dem Drahte A'B' verbundenen Multiplicators von Neuem aus, aber nach der entgegengesetzten Seite als vorhin, zum Beweise, daß der in A'B' durch das Verschwinden des Stromes in AB erzeugte Inductionsstrom mit dem eben verschwindenden Strome gleich gerichtet ist.

Dieselbe Wirkung, welche der einen electrischen Strom führende Draht AB auf die neben ihm liegenden Windungen des Drahtes A'B' ausübt, muß derselbe auch ausüben auf seine eigenen Windungen, so daß jede Windung des Drahtes AB in allen neben ihr liegenden, sowohl beim Entstehen als auch beim Verschwinden des Stromes, einen Inductionsstrom erregt, der hier freilich nicht gesondert erscheint, sondern sich mit dem in demselben Drahte vorhandenen Strome der galvanischen Kette verbindet. Da die beim Entstehen des Stromes hervortretende Einwirkung der Drahtwindungen auf einander einen Strom erzeugt, der dem entstehenden Strome entgegengerichtet ist, so wird durch diese Gegenwirkung der ursprüngliche Strom in der Schnelligkeit seiner Ausbildung gehemmt werden; da aber

der beim Verschwinden des ursprünglichen Stromes erzeugte Inductionsstrom dem ursprünglichen gleich gerichtet ist, so werden beide sich verbinden, und der ursprüngliche Strom erscheint verstärkt. Man kann sich hievon leicht durch einen einfachen Versuch überzeugen. Man schließe eine galvanische Kette mittelst des spiralförmig aufgewundenen Drahtes A B, so wird man beim Annähern der beiden Enddrähte je nach der Stärke der Kette vielleicht nur einen schwachen Funken erblicken, dagegen einen bedeutend stärkern beim Oeffnen derselben. Faßt man die Schließungsdrähte mit nassen Händen an, so erhält man beim Oeffnen der Kette einen starken Schlag, wenn auch die Kette, mit einem kurzen Draht geschlossen, keine Empfindung verursacht. Dieser Schlag ist eine Folge des von jeder Windung auf die umliegenden Windungen inducirten Stromes.

Es gehören übrigens zur Nachweisung dieser Inductionsströme keineswegs sehr lange Drähte; man kann dieselben selbst mit zwei geradlinig und parallel neben einander ausgespannten dicken Drähten und mittelst eines ebenfalls aus dickem Drahte construirten Multiplicators sichtbar machen.

Spannt man die beiden Drähte auf zwei verschiedenen Stangen auf, so daß man den einen Draht dem andern stromführenden Draht nähern und entfernen kann, so erhält man ebenfalls die beiden Inductionsströme. Viel kräftiger werden dieselben freilich, wenn man eine Drahtrolle, wie Fig. 237, einer andern von einem Strome durchflossenen Drahtrolle nähert, oder von ihr entfernt.

§. 405. Da die kreisförmigen Ströme (in den Windungen der Rolle, Fig. 237) gleich einem Magnet wirken, so muß sowohl die Annäherung, als auch die Entfernung eines Magnets von der Drahtrolle, Fig. 237, in dem Drahte A B und A' B' einen electrischen Strom bewirken; die Richtung des bei seiner Annäherung in diesen Drähten erfolgten Stromes muß dem Laufe der electrischen Ströme, welche nach A m p è r e den Magnet bilden, entgegengesetzt sein; die Richtung des bei seiner Entfernung entstehenden aber gleich gerichtet mit diesen Strömen.

Sehr verstärken lassen sich diese Inductionsströme dadurch, daß man in die Rolle, Fig. 237, einen Eisenkern legt und diesen Eisenkern durch einen angenäherten Magnet magnetisch macht. Es entsteht dann nicht nur ein Inductionsstrom in Folge der Einwirkung (bei der Annäherung oder Entfernung) des Magnets auf die Drahtwindungen der Spirale, sondern auch in Folge der Einwirkung des im Innern der Rolle befindlichen und Magnetismus aufnehmenden oder verlierenden Eisenkernes. Die Richtung der Ströme wird durch den Eisenkern nicht geändert.

Um stark inducirte Ströme zu erhalten, kann man den eben erwähnten, in der Rolle (Fig. 237) befindlichen Eisenkern dadurch noch stärker magnetisch machen, daß man durch den einen Draht A B einen electrischen Strom leitet und bald darauf wieder unterbricht. Es entsteht dann in dem Drahte A' B' ein inducirter Strom nicht nur in Folge der Einwirkung der Drahtwindungen, wie vorhin §. 404, sondern auch in Folge des im Innern der Rolle (im Eisenkern) entstehenden und vergehenden Magnetismus.

Oben (§. 403) wurde schon angeführt, daß, wenn man alle früher beschriebenen electromagnetischen Vorrichtungen so gebraucht, daß man die daselbst beschriebenen, unter dem Einflusse des electrischen Stromes und des Magnets erzeugten Bewegungen mechanisch ausführt, dadurch in dem Leitungsdrahte ein electrischer Strom entsteht, welcher demjenigen gerade entgegengesetzt ist, welcher dieselbe Bewegung in der früher beschriebenen Weise veranlaßt haben würde. Um diesen Strom wahrzunehmen, verbindet

man diejenigen Drähte oder Drahtenden, welche sonst mit der galvanischen Kette verbunden wurden, mit den Enddrähten eines empfindlichen Multiplicators, der in den meisten der nachher anzuführenden Fälle am vortheilhaftesten aus einem dicken kurzen Drahte gebildet wird. Dreht man also das kleine Rädchen in Fig. 226 zwischen den Polen des Magnets (§. 396), während G und L mit dem Multiplicator in Verbindung stehen, oder den kreisförmigen Leiter in Fig. 227 (C und D oder F und H mit dem Multiplicator in Verbindung), oder den Draht HJ um das magnetische Eisen CD, oder den Magnet AB, Fig. 236, um seine Axe (M und N mit dem Multiplicator in Verbindung u. s. w.), so entstehen die inducirten Ströme in der umgekehrten Richtung desjenigen Stromes, welcher die ausgeführten Bewegungen erzeugt hätte.

§. 406. Eben so entstehen, wenn man den mit einem Multiplicator versehenen Anker DF mechanisch vor den Polen des Magnets AB, Fig. 225, umdreht, in dem um den Anker gewickelten Drahte electrische Ströme, welche durch die Drähte L und M in die Quecksilbergefäße a und b, und in die Drähte K und O abgeleitet werden. Was früher ein Modell war für die Anwendung der Electricität als Betriebskraft, stellt jetzt, wenn der Anker mechanisch gedreht wird, eine sogenannte magnetoelectrische Rotationsmaschine dar. Wenn das Ende D des Ankers sich dem Nordpole N des Magnets, und gleichzeitig das Ende F dem Südpole S des Magnets nähert, so entsteht, wie früher gezeigt wurde, genau der umgekehrte Strom in dem um den Anker gewundenen Drahte, als wenn die genannten Pole sich von einander entfernen. Wenn man also die Inductionsströme, welche durch die Annäherung und Entfernung der genannten Pole entstehen, unmittelbar durch die Drähte L und M (Fig. 225) ableiten wollte, so erhielte man zwei Inductionsströme von entgegengesetzter Richtung. Läßt man aber die Drähte L und M in die Quecksilbernäpfchen a und b (Fig. 225 II.) eintauchen, und leitet die Ströme erst aus diesen durch die Drähte K und O ab, so erhält man durch dieselben ebenfalls die beiden Inductionsströme beim Annähern und Entfernen der genannten Pole, aber die beiden Inductionsströme haben jetzt dieselbe Richtung, weil der Draht L, der bei der Annäherung der genannten Pole sich in dem Gefäße a befand, bei dem Entfernen derselben in das Gefäß b eintaucht Der Draht M geht auf gleiche Weise aus dem Gefäße b nach dem Gefäße a. Indem nun beim Entfernen der Pole eine Leitung des entgegengesetzt gerichteten Stromes in die entgegengesetzten Quecksilbergefäße veranlaßt wird, müssen die in die Quecksilbergefäße und die Drähte K und O eintretenden Ströme die gleiche Richtung zeigen. Wenn der Anker noch weiter gedreht wird, so ändert sich die Richtung des inducirten Stromes während der weitern Annäherung des Endes D an den Südpol S und des Endes F an den Nordpol N nicht wieder, wie sich leicht aus dem Frühern ergibt; nur erst, wenn das Ende D über den Südpol hinausgeht und sich von ihm wieder entfernt, und eben so das Ende F sich wieder über den Nordpol N hinaus entfernt, kehrt sich die Richtung des Stromes wieder um, wird also wieder die zuerst betrachtete bei der Annäherung des Endes D an den Nordpol N und des Endes F an den Südpol S. Aber dann taucht auch wieder der Draht L in das Gefäß a, und der Draht M in das Gefäß b. Die inducirten Ströme erhalten also fortwährend in den Drähten K und O dieselbe Richtung, während dieselbe in dem Multiplicator bei jeder Umdrehung zwei Male wechselt; und diese gleiche Richtung wird den entgegengesetzten Strömen durch den Quecksilbercommutator HI (die beiden getrennten Gefäße a und b) gegeben.

Um der Anwendung des für den Transport unbequemen Quecksilbers in den Gefäßen a und b zu entgehen, wendet man gewöhnlich einen andern aus Messingscheiben und Stahlfedern bestehenden Commutator an. Die Einrichtung einer so construirten magneto-electrischen Rotationsmaschine zeigt Fig. 238. N A S ist ein auf einem Holzgestell befestigter Magnet, B C und D E sind zwei Eisenkerne, welche auf der rechten Seite durch das Eisenstück KL verbunden und von langen mit Seide übersponnenen (zu den Spiralen F G und H I gewundenen) Kupferdrähten umgeben sind. Das Eisenstück K L ist auf einer Axe M N befestigt; durch die Umdrehung dieser Axe mittelst der Curbel O rotiren die beiden Eisenkerne B G und D E mit ihren Kupferspiralen F G und H I vor den Polen des Magneten N und S. Die hiebei in den Spiralen inducirten Ströme werden durch die beiden Drähte P und Q in den aus den vier Messingscheiben R, S, T, U bestehenden Commutator geleitet. Jede der Messingscheiben hat die Form wie U in Fig. 239, ihr Rand ist also in der einen Hälfte ihrer Peripherie ausgeschnitten. Die Scheiben R und S stehen nun so, daß der volle Halbkreis der einen neben dem ausgeschnittenen der andern sich befindet, und eben so T und U; man sieht dieß in Fig. 238, wo die ausgeschnittenen Theile des Umfangs schattirt sind. V, W, X, Y sind Stahlfedern, von welchen X und Y, und eben so V und W zusammenhängen. Von den vier Federn liegen jedesmal nur zwei auf den Scheiben auf, entweder V und X auf U und S, oder W und Y auf T und R. Es hängen nun die beiden äußersten Scheiben, R und U unter sich metallisch zusammen, und ebenso die beiden mittleren, S und T; aber die beiden mittleren sind von den beiden äußeren durch eine isolirende Schicht (Siegellack, Glas, Holz, Elfenbein) getrennt. In die beiden inneren Scheiben wird der Strom durch den Draht P, und in die beiden äußeren durch den Draht Q geleitet. Da nun jede Feder nur während eines halben Umlaufes den Strom aufnimmt, so sieht man, daß der Draht a während eines halben Umlaufes den Strom von P durch S und X, und während des zweiten halben Umlaufes den Strom von Q durch R und Y erhält; ebenso erhält der Draht Z während des ersten halben Umlaufes den Strom aus Q durch T und W, und während des zweiten den Strom aus P durch U und V. Gesetzt nun, es sei während des ersten halben Umlaufes P positiv und Q negativ, während des zweiten halben Umlaufes aber P negativ und Q positiv, so muß der Draht a während beider Hälften des Umlaufes positiv, und der Draht z während beider Hälften negativ empfangen.

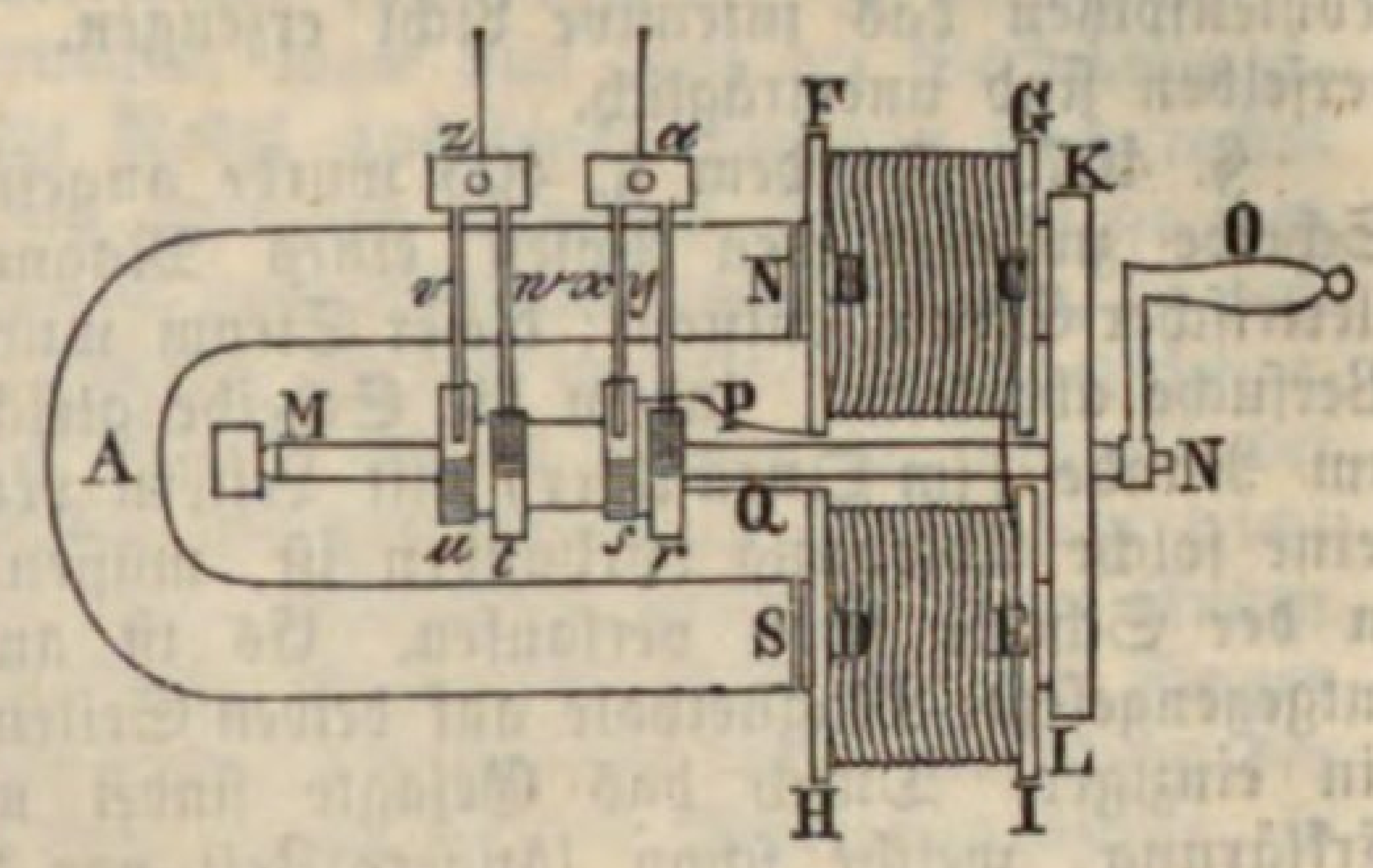


Fig. 238.

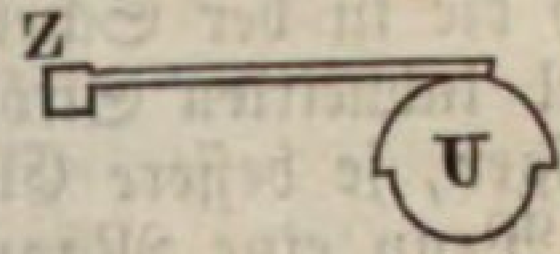


Fig. 239.

Für den medicinischen Gebrauch ist es wichtig, den electrischen Strom dieser Rotationsmaschine gehörig schwächen zu können; man erreicht dieß, wenn man den Magnet N A S weiter von den Eisenkernen entfernt; in sehr hohem Grade wird die Kraft der Maschine geschwächt, wenn man durch ein Stück Eisen (Anker) die beiden Pole des Magnetes, N und S, verbindet.

Stöhrer hat solche Maschinen aus drei und selbst sechs Magneten angefertigt; durch sie kann man mit Leichtigkeit chemische Zersetzungen erzeugen, einen Platindraht glühend erhalten und schmelzen und zwischen Kohlenspitzen das intensive Licht erzeugen. Die physiologischen Wirkungen derselben sind unerträglich.

§. 407. In dem §. 405 wurde angeführt, daß, wenn eine kupferne Scheibe zwischen den Polen eines Magnets rotirt, in der Scheibe ein electrischer Strom entsteht; dieser Strom wurde auch in dem dort erwähnten Versuche abgeleitet, indem die Scheibe gleichzeitig in der Mitte (Axe) und am Rande (im Quecksilber) mit Leitern verbunden war. Aber auch, wenn keine solche Ableitung vorhanden ist, müssen dieselben Ströme entstehen und in der Scheibe selbst verlaufen. Es ist auch nicht nothwendig, daß zwei entgegengesetzte Magnetpole auf beiden Seiten angewendet werden; es genügt ein einziger. Durch das Gesagte findet nun diejenige Erscheinung ihre Erklärung, welche schon längere Zeit vor der Entdeckung der Inductionsströme von Arago gemacht und Rotationsmagnetismus genannt wurde. Er setzte nämlich eine Kupferscheibe in einer horizontalen Ebene in eine rasche Umdrehung und hing nahe über derselben eine Magnetnadel an einem Coconfaden auf; obwohl zwischen derselben und der Kupferscheibe ein Papier ausgespannt und die Nadel gegen den durch die Umdrehung der Scheibe entstehenden Luftzug geschützt war, wich sie doch aus ihrer Richtung um so mehr ab, je schneller die Scheibe gedreht wurde, und zwar folgte sie der Richtung der Umdrehung der Scheibe. Diese Ablenkung wird erzeugt durch die in der Scheibe unter dem Einflusse der magnetischen Pole auf die Nadel inducirten Ströme. Scheiben aus anderen Metallen wirken um so kräftiger, je bessere Electricitätsleiter sie sind.

Wenn eine Magnetnadel in einer Hülle von Kupfer schwingt, so entstehen ebenfalls in dem Kupfer inducirte Ströme, welche die Schwingungen der Magnetnadel sehr bald hemmen.

Schon §. 340 wurde des eigenthümlichen Einflusses erwähnt, den ein Magnet auf die im gewöhnlichen Sinne nicht magnetischen Körper ausübt. Da derselbe nun gleichbedeutend ist einer Reihe electrischer Kreisströme, so lassen sich dieselben auch statt seiner anwenden. Man kann die durch einen electrischen Strom veranlaßte Circularpolarisation der Gläser und Flüssigkeiten am besten beobachten, wenn man diese Körper in eine Spirale aus Kupferdraht, wie Fig. 237, bringt, und durch die Spirale einen starken electrischen Strom von mehreren (5—10) Elementen einer Platin- oder Kohlenbatterie gehen läßt. Die Polarisationsebene eines die Gläser oder Flüssigkeiten durchdringenden Strahles wird in derselben Richtung gedreht, in welcher der (positive) electrische Strom die Spirale durchläuft.

§. 408. In einem geschlossenen, nur aus Metallen gebildeten Kreise, dessen Theile sich in gleicher Temperatur befinden, existirt nach dem Frühern kein electrischer Strom; ein solcher entsteht aber sogleich, sobald irgend eine Verbindungsstelle zweier verschiedenen Metalle erwärmt oder erkältet wird. Seebeck, der zuerst diese Entdeckung machte, bezeichnete diese Erscheinungen mit dem Namen des Thermomagnetismus, während sie jetzt gewöhnlicher Thermoelectricität genannt werden. Um mittelst eines sehr einfachen Apparats einen solchen thermoelectrischen Strom zu beobachten, bildet man ein Rechteck, ABCD, Fig. 240,



Fig. 240.

dessen Seiten abwechselnd aus Antimon und Wismuth bestehen, und stellt auf die Spitze E die Magnetnadel N S. Wenn die Ebene des Rechteckes mit der Ebene des magnetischen Meridians zusammenfällt, so hat die Nadel die Richtung des Stabes D C; erwärmt man nun eine der Verbindungsstellen, so weicht augenblicklich die Nadel aus dieser Stellung nach rechts oder links, je nach der Richtung des erzeugten Stromes. Dieser letztere geht nämlich stets an der erwärmten Stelle vom Wismuth zum Antimon, so daß also letzteres als das positive und ersteres als das negative Metall erscheint. Mit Hilfe eines Multiplicators aus dickem, kurzem Drahte mit Doppelnadel (Fig. 222) lassen sich diese Ströme bei den verschiedensten Leitern sehr leicht wahrnehmen; verbindet man z. B. einen Eisendraht mit den beiden Enden des Kupferdrahtes dieses Multiplicators, so braucht man nur den Finger auf eine der Verbindungsstellen zu legen, um sogleich einen Ausschlag der Multiplicatornadel zu erhalten. Erkältet man dieselbe Verbindungsstelle, so erhält man den umgekehrten Strom als bei der Erwärmung.

Man kann alle Metalle und auch die leitenden Schwefelmetalle in eine Reihe bringen, so daß, wenn zwei derselben verbunden und an einer Verbindungsstelle erwärmt werden, an dieser Stelle der Strom von dem zuerst genannten zu dem weiter unten genannten geht. Die bekanntesten Metalle bilden folgende Reihe: — (negativ) Wismuth, Neusilber, Nickel, Kobalt, Platin, Gold, Messing, Kupfer, Zinn, Blei, Kupfer, Platin, Zink, Silber, Cadmium, Eisen, Antimon + (positiv). Geringe Unterschiede in der Bearbeitung oder Zusammensetzung ändern für manche Körper sehr leicht ihre Stelle, so für Kupfer und Platin, welche deßhalb an zwei Stellen erwähnt wurden. Eben so ändern manche Metalle ihre gegenseitigen Stellungen bei höheren Temperaturen; so z. B. das Kupfer und Eisen. Erwärmt man die eine Verbindungsstelle zwischen Kupfer und Eisen, so geht der Strom an derselben vom Kupfer zum Eisen, ist z. B. bei 100° = 106, nimmt bei steigender Temperatur an Stärke bis zu einer gewissen Höhe zu (bei 200° = 176, und bei 244° = 186), verringert sich bei noch weiter steigender Hitze (bei 280° = 172; bei 349° = 87°), verschwindet bei 415° und kehrt sich bei noch höher steigender Temperatur in den entgegengesetzten um, so daß der Strom an der erhitzten Stelle dann vom Eisen zum Kupfer geht (bei 498° = — 48). Die meisten thermoelectrischen Ströme wachsen nicht proportional mit der Temperatur.

Nach meinen Versuchen ist die Stärke der thermoelectrischen Ströme, wenn jedes der nachher genannten Metalle mit Eisen verbunden und die eine Verbindungsstelle bis zu 100° erhitzt, und die andere auf 0° (durch Eis) erhalten wurde: Wismuth und Eisen 781; Neusilber und E. 244; Platin und E. 152; Gold und E. 151; Messing und E. 127; Zinn und E. 121; Blei und E. 119; Kupfer (Nr. II.) und E. 116; Kupfer (Nr. I.) und E. 106; Zink und E. 89; Silber und E. 86; Kupfer (auf galvanischem Wege reducirt) und E. 84; Antimon und E. — 257 (der letztere Strom hat die entgegengesetzte Richtung als alle vorhergehenden). Die größte Stärke zeigten diese Ströme zwischen Zink und E. bei 179°; Zinn und E. bei 209°; Kupfer (galvanisch reducirtes) und E. bei 211°; Silber und E. bei 230°; Kupfer (Nr. I.) und E. bei 244°; Gold und E. bei 257°; Messing und E. bei 294°; Blei und E. wahrscheinlich zwischen 294° — 300°. — Die Stärke der thermoelectrischen Ströme zwischen den genannten Metallen wird bei höheren Temperaturen wieder = 0 bei Zink und Silber bei 194°; Zink und galv. Kupfer bei 214°; Gold und Messing bei 280°; Zink und Eisen bei 315°; galv. Kupfer und Eisen bei 338°; Silber und Eisen

bei 369°; Gold und Kupfer (Nr. II.) bei 413°; Kupfer (Nr. I.) und Eisen bei 415°.

Um die Stärke des thermoelectrischen Stromes zwischen zwei in den vorstehenden Angaben nicht als verbunden angeführten Metallen zu berechnen, hat man die Stärke der beiden Ströme, welche sie mit Eisen bilden, zu addiren, wenn sie in der oben angeführten Reihe auf verschiedenen Seiten des Eisens stehen, dagegen von einander abzuziehen, wenn sie auf derselben Seite stehen. So ist also die Stärke einer Kette aus Wismuth und Antimon bei 100° = Wismuth und Eisen + Eisen und Antimon = 781 + 257 = 1038; sie übertrifft also sehr bedeutend alle übrigen Ketten an Stärke.

§. 409. Melloni (§. 319) hat deßhalb diesen durch die Erwärmung an der Verbindungsstelle zwischen Wismuth und Antimon erregten Strom zur Messung der strahlenden Wärme benutzt. Um den Apparat aber empfindlicher und fähig zu machen, einen Strom zu liefern, der einen bestimmten Widerstand ohne zu große Schwächung überwinden kann, hat er nicht ein einziges Paar, sondern eine Reihe von dünnen Antimon- und Wismuthstäbchen in abwechselnder Folge angewendet, und so an einander gelöthet, daß, wie Fig. 241 zeigt, alle ungeraden Löthstellen auf der einen Seite A, und alle geraden auf der entgegengesetzten B liegen. Das erste Antimonstäbchen hängt zusammen mit dem Drahte C und das letzte Wismuthstäbchen mit dem Drahte D. Werden nun diese beiden Drähte C und D mit den Enden eines Multiplicators von zweckmäßiger Einrichtung verbunden, und wird das eine Ende der sogenannten Thermosäule A oder B gegen einen Wärme ausstrahlenden Körper hingerichtet, so läßt sich durch den Ausschlag der Magnetnadel des Multiplicators die durch die strahlende Wärme erzeugte Erwärmung messen. Damit die Wärmestrahlen besser absorbirt werden, sind die beiden Enden A und B mit Ruß überzogen.

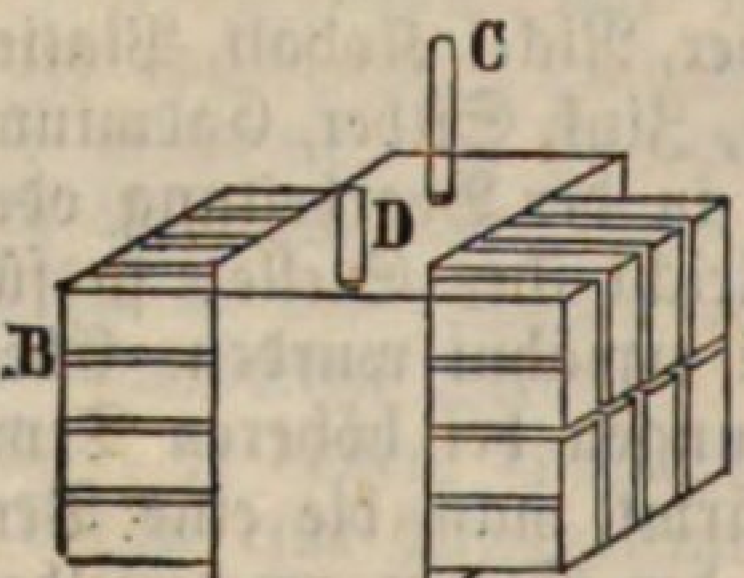


Fig. 241.

So wie jeder electromagnetische Versuch sich umkehren ließ und einen entsprechenden magnetoelectrischen darbot, ebenso lassen sich auch die eben angegebenen Versuche umkehren. Peltier fand nämlich, daß, wenn ein electrischer Strom durch eine zusammengelöthete Stelle eines Antimon- und Wismuthstabes geht, an dieser Stelle Kälte entsteht, wenn der electrische Strom vom Wismuth zum Antimon, dagegen Wärme, wenn er vom Antimon zum Wismuth geht. Ein Gleiches findet auch bei Anwendung der anderen Metalle an der Stelle des Antimons und Wismuths statt. Man erfährt leicht, ob ein electrischer Strom an einer Löthstelle Wärme oder Kälte erzeugt, wenn man weiß, daß stets diejenige Veränderung an der Löthstelle entsteht, welche einen dem ursprünglichen entgegengesetzt gerichteten thermoelectrischen Strom hervorrufen würde.

§. 410. Eine sehr merkwürdige Erzeugung von Electricität findet sich in den electrischen Fischen. Einige Fische, besonders die Zitterrochen und der Zitteraal, haben die Fähigkeit, starke electrische Schläge nach bestimmten Richtungen zu ertheilen. Das Organ, in welchem diese Electricität erzeugt wird, besteht aus einer Menge rundlicher oder eckiger Säulchen, welche aus einer großen Anzahl auf einander geschichteter, durch klebrige Schleimschichten von einander getrennter feiner Blättchen bestehen. Beim Zitterrochen

geht dieses Organ vorn bis zum Kopfe, und die erwähnten Säulchen haben die Richtung vom Rücken zum Bauche; beim Zitteraal nimmt es dagegen den sehr langen Schwanz ein, und die Säulchen liegen in der Richtung des Schwanzes. Man kann dieses Organ mit zahlreichen kleinen Volta'schen Säulen vergleichen. Beim Zitterrochen geht der Strom, wenn eine Metallplatte auf den Rücken und eine zweite unter den Bauch gelegt und beide mit dem Galvanometer verbunden werden, vom Rücken zum Bauche, also in der Richtung der Säulchen; beim Zitteraale wird er also in der Richtung vom Kopfe nach dem Schwanze gehen. Man hat durch diese Electricität auch in Spiralen befindliche Stahlnadeln magnetisch gemacht, und deutlich sichtbare Funken erhalten. Wenn diese Fische mehrere starke electrische Entladungen gegeben haben, so ist ihre Kraft geschwächt, und sie bedürfen einer längern Ruhe, um den Verlust zu ersetzen.

Druckfehler.

S. 16 Z. 16 v. u. wo auf statt daß wo.
„ 21 „ 26 v. o. muß das Komma hinter umspannt fehlen.
„ 32 „ 14 v. u. Stempel statt Stempeln.
„ 32 in Fig. 39 fehlt in dem kleinen Cylinder bei b das Ventil.
„ 41 Z. 4 v. o. D : D′ statt D′ : D.
„ 68 Fig. 61 muß die Röhre h g oben bei h eine Oeffnung haben.
„ 79 Z. 9 v. u. unten statt unter.
„ 104 „ 2 v. u. erlangt statt verlangt.
„ 116 „ 10 v. u. wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen statt wie die Pendellängen.
„ 123 „ 10 v. u. von statt an.
„ 141 „ 8 v. u. 1/4 statt 1/3.
„ 143 Fig. 113 müssen an der nach links gelegenen vertikalen Linie die Buchstaben m′ und n′ stehen.
„ 175 Z. 19 v. u. T′ S′ statt T′ S.
„ 175 „ 15 v. u. T′ S′ statt T S′.
„ 179 „ 9 v. u. D′ C′ statt B′ C′.
„ 197 Fig. 171 T statt E.
„ 213 Z. 18 v. u. füllt statt fällt.
„ 224 „ 22 u. 23 v. o. Gay-Lussac statt Gay-Lassac.
„ 288 „ 3 v. u. das statt des.

STADTBIBLIOTHEK AUGSBURG

Vollständiges
Sach- und Namenregister
zum zweiten Band
von
Döbereiner's Lehrbuch der Pharmacie.

Ch. = 1te Abtheilung (Chemie); Ph. = 3te Abtheilung (Physik); M. = 2te Abtheilung erste Section (Mineralogie); B. = 2te Abtheilung zweite Section (Botanik); Z. = 2te Abtheilung dritte Section (Zoologie).

A.

B.

C.

Auch unter K. zu vergleichen.

*) Ist im Text fälschlich Convolvulus angegeben.

*) Die im Text p. 247 angeführten Convolvulus-Arten sind Campanula-Arten.

D.

E.

F.

G.

H.

J.

K.

Zum Theil unter C. zu vergleichen.

M.

N.

O.

P.

Q.

S.

164

T.

U.

W.

X.

Y.

Z.

STADTBIBLIOTHEK AUGSBURG

Druck von C. Hoffmann in Stuttgart.

Med.
Döbereiner

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Döbereiner, Johann Wolfgang, 1780-1849 / Döbereiner, Franz / Döbereiner, Johann Wolfgang,

Deutsches Apothekerbuch zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbstunterrichte für Apotheker, Droguisten, Aerzte und Medicin-Studirende

Bd.: 2

Stuttgart 1855

Augsburg, Staats- und Stadtbibliothek -- 2 Med 45 -2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11199927-6